

ZOLarium

bpost
PB-PP
BELGIË(N) - BELGIQUE

TIJDSCHRIFT VAN DE WETENSCHAPPELIJKE RAAD

Jaargang 15 nr. 55 | jan • feb • maa • 2015

Dossier: 3D-printing en -visualisatie Zygoma implantaten voor patiënten met sterk botverlies

Nieuwe behandeling
voor hartkleplijden

Mitralisklepherstel minimaal
invasief via robotchirurgie

3D-printing in de MKA,
neurochirurgie en orthopedie



MEDISCHE DIENSTEN BLIJVEN INNOVEREN

Voor u ligt het nieuwste nummer van ZOLarium. Voor één keer hebben we gekozen voor een meer thematische invulling. De artikels in dit nummer zijn toegespitst op nieuwe ontwikkelingen in de klinische zorg in ons ziekenhuis, en meer specifiek op het gebruik van 3D-visualisatie en 3D-printing door de verschillende medische disciplines. Ze illustreren hoe 3D dagelijks gebruikt wordt door onze artsen, die bij de verdere uitbouw van hun diensten blijven streven naar innovatie, gebaseerd op wetenschappelijk onderzoek.

Het is indrukwekkend hoe snel technologie evolueert en dit zeker in de medische wereld. Disciplines als MKA, orthopedie en neurochirurgie maken met behulp van 3D-printers protheses volledig op maat van de patiënt. 3D-visualisatie maakt het mogelijk op virtuele wijze door het lichaam te reizen en structuren te zien die met het menselijk oog niet waar te nemen zijn. En dit alles is waarschijnlijk nog maar een begin. Futuristische scenario's beloven verdere grote evoluties.

Intussen is het nieuwe jaar al een maand oud. Ik hoop dat iedereen 2015 goed heeft ingezet. En met mooie voornemens een beetje een nieuwe start heeft kunnen maken. Want dat is toch wat we telkens doen bij een nieuw begin.

Voor het ZOL belooft 2015 een erg druk en belangrijk jaar te worden. Heel wat bouwwerken worden dit jaar in gebruik genomen. Om er enkele te noemen: de verpleegafdelingen van campus André Dumont verhuizen naar Sint-Jan, vier nieuwe operatiezalen worden in gebruik genomen, de apotheek verhuist naar de nieuwe N-blok...

Daarnaast werken we verder aan de ontwikkeling en uitvoering van het medisch-strategisch beleid voor de toekomst en leggen we de basis voor de uitbreiding van de zorgcampus met zorggerelateerde initiatieven. In het beleidsplan hebben we opnieuw veel aandacht voor de verdere innovatieve uitbouw van de medische diensten met een belangrijke focus op kwaliteit en patiëntveiligheid.

Ook samenwerking en netwerking blijft in 2015 een belangrijke doelstelling voor het ZOL. We willen onze opdracht als regionaal ziekenhuis in relatie met de eerste lijn en de patiënten verder versterken. Daarnaast willen we onze rol als derdelijnsziekenhuis in relatie met onze netwerkziekenhuizen blijven opnemen. Via ZOLarium hopen we u in 2015 nuttige informatie te blijven geven over de medische zorgen die we in ZOL geven aan uw patiënten.

Onze allerbeste wensen aan ieder van u!

Dr. Griet Vander Velpen,
Medisch directeur

INHOUD

- 4 3D-printing, echte Belgische uitvinding
- 6 Medische Beeldvorming van 2D naar 3D, van superpositie naar virtuele anatomie
- 8 Nieuwe percutane techniek voor de behandeling van hartklep insufficiëntie bij mensen met gevorderd hartfalen
- 14 3D-navigatie en zygoma implantaten: de missing link?
- 18 Medische 3D-printing bij voorbereiding van een kaakoperatie
- 20 Intra-operatieve navigatie bij open kaakgewrichtschirurgie
- 22 3D-bioprinting in mond-, kaak- en aangezichtsheelkunde
- 26 Thoracoscopie in 3D

EPONIEMENKABINET

- 30 3D-printing voor schedeldakprothesen in de neurochirurgie
- 34 3D-printing in de orthopedie: 'fact or fiction'?
- 38 Robot-geassisteerde cardiochirurgie van start
- 43 Zorgvuldige en geautomatiseerde reprocessing van Da Vinci-robot instrumentarium
- 44 Functioneel endoscopische sinuschirurgie met navigatie
- 45 Gebruik van 3D-echografie in de gynaecologie
- 46 Het begon met een kip in de scanner

DISSECTIEKAMER

- 50 Billboard
- 52 Partners in zorg

08 NIEUWE BEHANDELING VOOR HARTKLEP INSUFFICIËNTIE



Eind december 2014 werd in het ZOL de eerste Mitraclip geplaatst. Het gaat om een nieuwe, minimaal invasieve techniek waarbij men in staat is om via een punctie in de liesader een mitraliskleplek op te lossen. De cardiologen van het ZOL zijn steeds voorlopers geweest in het toepassen van spijttechnologie voor mensen met gevorderd hartfalen. Mitraclip is een aanvulling op de bestaande technieken waardoor de opties voor patiënten met een mitraliskleplek nog uitgebreider worden.

18 MEDISCHE 3D-PRINTING BIJ DE VOORBEREIDING VAN EEN KAAKOPERATIE



De dienst Mond- Kaak- en Aangezichtschirurgie maakt sinds een aantal jaar gebruik van hoogtechnologische ondersteuning om operaties tot in het kleinste detail voor te bereiden, waaronder ook 3D-printen. Een mooie illustratie is de virtuele voorbereiding van een kaakoperatie, aldus dr. Joeri Meyns.

30 3D-PRINTING VOOR SCHELDKAPROTHESEN IN DE NEUROCHIRURGIE



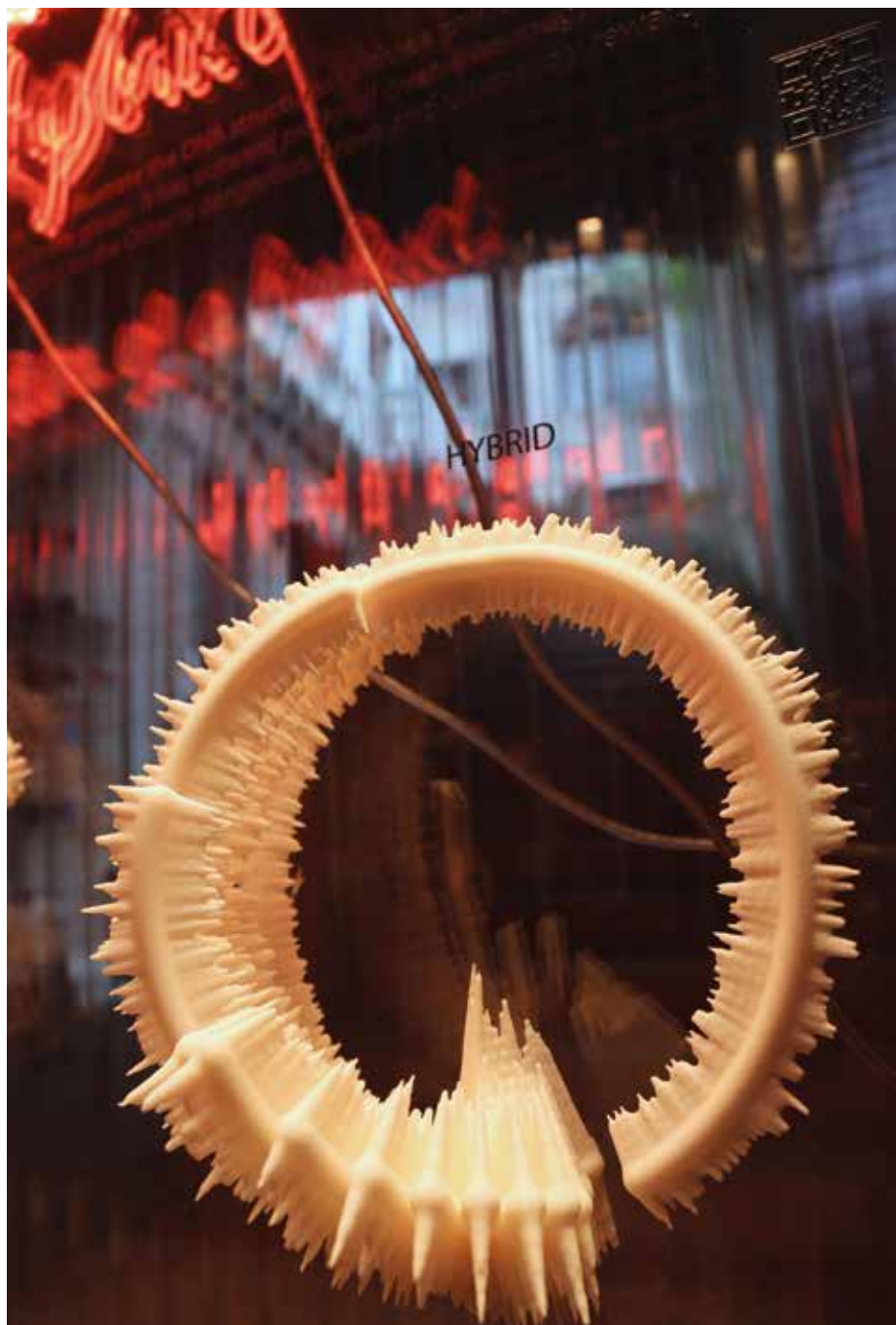
Door 3D-printing is de reconstructie van het schedeldak tijdens neurochirurgische procedures de laatste jaren significant verbeterd. We zijn nu immers in staat om zogenaamde Patient Specific Implants of PSI's in verschillende soorten biomaterialen te laten ontwerpen en vervaardigen op basis van de exacte schedelanatomie van de patiënt zelf. Dr. Jens Deckers licht toe.

38 ROBOT-GEASSISTEERDE CARDIOCHIRURGIE IN HET ZOL



Op 25 juni 2014 is de dienst Cardiochirurgie gestart met het gebruik van de da Vinci operatiebot. Ondertussen zijn er negen ingrepen verricht met mooi resultaat. Voorlopig wordt de da Vinci gebruikt bij twee types van hartingrepen: revascularisatieoperaties waarbij enkel de voorzijde van het hart dient overbrugd te worden, en het herstel van de mitralis- en tricuspidklep. Dr. Gutermann geeft meer uitleg over de voordelen van robotchirurgie voor het chirurgisch team en de patiënt.

3D-PRINTING: EEN ECHTE BELGISCHE UITVINDING



Stel u de dag voor waarop een dokter, na het bekijken van de diagnostische beelden van zijn patiënt, ook onmiddellijk een digitaal behandelingsplan kan opstellen, aangepast aan de specifieke situatie van de patiënt. En zo nodig ook onmiddellijk de nodige hulpstukken kan ontwerpen en bestellen via het internet zodat hij ten slotte de behandeling digitaal geassisteerd kan uitvoeren.

Futuristisch?

Dit futuristische scenario beschrijft het potentieel van 3D-printing in de geneeskunde, ook gekend als 'Additive Manufacturing'. MKA-chirurg dr. Luc Vrielinck, die reeds sinds 1998 met 3D-technieken bezig is, zegt: "We zijn dankzij de 3D-technologie op een kantelmoment in de geschiedenis aanbeland waarin diepgaande en radicale veranderingen zich afspelen en die een invloed op vele delen van de geneeskunde en de chirurgie zullen hebben. De invloed van 3D is nu al merkbaar in de klinische praktijk van ons ziekenhuis."

Na een rondvraag door het redactieteam van dit tijdschrift blijken verrassend diverse toepassingen van de 3D-technologie reeds in ons ziekenhuis aanwezig te zijn. Dit zijn geen exotische of experimentele toepassingen, maar dagdagelijkse oplossingen die nu reeds duidelijk aangeven hoe de behandelingsprocessen van morgen zullen verlopen. Het is de eerste keer dat we proberen om in ons ziekenhuis de verschillende 3D-gerelateerde processen voor te stellen.

Wat is 3D-printing en hoe werkt het?

3D-printing is een fabricatietechniek die een digitaal ontwerp vertaalt naar een object dat in drie dimensies door een machine geprint kan worden. Net zoals bij een gewone inkjetprinter

waar de printkop heen en weer glijdt over het papier en ondertussen inkt deponiert, zal een 3D-printer laag na laag epoxy of een ander materiaal neerzetten, zodat uiteindelijk een driedimensioneel object gebouwd wordt. De producten worden geprint met alle inwendige en uitwendige onderdelen, er is dus geen assemblage meer vereist.

Op die manier kan er bijvoorbeeld een aan de anatomie van de patiënt aangepast instrument, boormal of medisch hulpmiddel worden vervaardigd. Een groot voordeel van het proces is de flexibiliteit in het ontwerp. Conventionele massaproductie maakt gebruik van mallen om identieke componenten te vervaardigen. Elke afwijking in grootte of vorm vereist dan ook een nieuwe mal. 3D-printing laat ook toe om hulpmiddelen te maken die op geen enkele andere manier vervaardigd zouden kunnen worden. Er is een vrijheid in het ontwerp en de gebruiker hoeft er geen rekening mee te houden hoe het design zal gemaakt worden.

Materialise

Het Leuvense bedrijf Materialise o.l.v. Wilfried Vancraen staat sinds 20 jaar aan de top van deze technologische revolutie. Materialise vervaardigt componenten, samen met grote industriële fabrikanten uit vooral de medische, dentale en autoindustrie.

In de beginperiode werd de 3D-technologie gebruikt om exacte copies van de gescande onderdelen te bekomen: bijvoorbeeld een 3D-model van een kaak, waarop de chirurg vervolgens een behandeling of operatie kon simuleren. Later is dan het inzicht gekomen dat men ook bepaalde structuren kon ontwerpen die een fysiek raakvlak vertonen met de betrokken anatomische zone en waarop dan volledig kunstmatig iets kon aan toegevoegd worden: bijvoorbeeld een geleiding voor een boor (boormal) of zelfs een 3D ontworpen en geprinte anatomische structuur die perfect past in een defect in de schedel, zodat de morfologie van de schedel hersteld kan worden.

Essentieel bij de ontwikkeling van deze technologie is de beschikbaarheid van data die aan een 3D-printer kunnen doorgegeven worden. De data kunnen van verschillende bronnen afkomstig zijn: Computer Tomografie (CT), Confocale Microscopie, Micro CT, Magnetische Resonantie Beelden (MRI), Optische Scan enz. Door een software bewerking, segmentatie genoemd, worden er 3D-modellen berekend uit de beelddata. Na bewerking in de software worden de bewerkte gegevens naar een 3D-printer gestuurd in het STL-formaat.

Navigatiechirurgie en robotchirurgie

In kader van een chirurgische behandeling is het niet steeds noodzakelijk een specifiek hulpmiddel te hebben, maar heeft de chirurg nood aan een realtime feedback met bijvoorbeeld visualisatie van de positie van de instrumenten in het lichaam van de patiënt. Voortbouwend op het platform van de beschikbare 3D-informatie (bijvoorbeeld uit een CT-scan) heeft de industrie een navigatietool ontwikkeld, waarbij de chirurg realtime kan nagaan waar de instrumenten zich bevinden in het lichaam van de patiënt. Dit kan een zeer nuttig hulpmiddel zijn, bijvoorbeeld tijdens intracraniele ingrepen of ingrepen in een complexe anatomische zone (KNO-chirurgie, MKA-chirurgie).

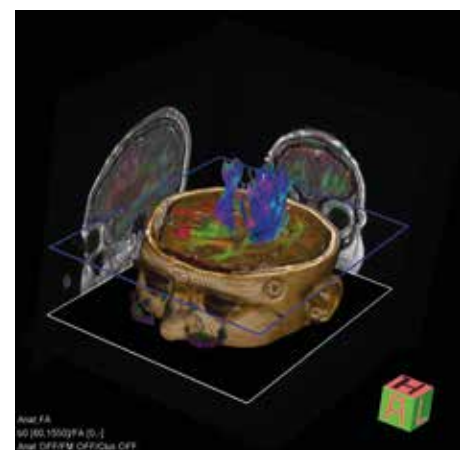
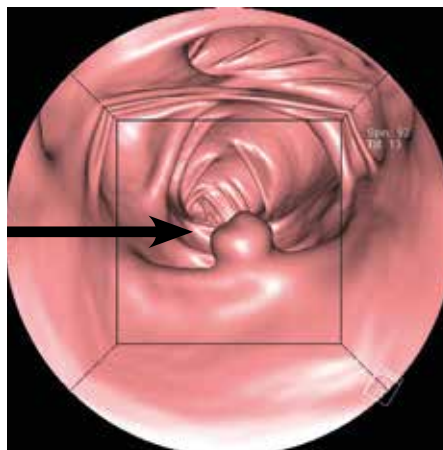
Ten slotte heeft de 3D-technologie ook een grote boost gegeven aan de zogenaamde robotchirurgie. De robotchirurgie met het da Vinci-systeem laat de chirurg toe om in geselecteerde indicaties dezelfde ingrepen uit te voeren als met traditionele chirurgie, echter met een veel beperktere toegangsweg en een grotere nauwkeurigheid. De chirurg bevindt zich aan een aparte console die een patiëntmodule aanstuurt met vier interactieve robotarmen. De chirurg opereert met behulp van een sterk vergroot 3D-beeld van het inwendige van de patiënt. Wanneer de chirurg bewegingen uitvoert aan de console, zal het robotsysteem real time reageren en zal het de hand- en vingerbewegingen van de chirurg vertalen in precieze bewegingen van de geminiaturiseerde instrumenten.

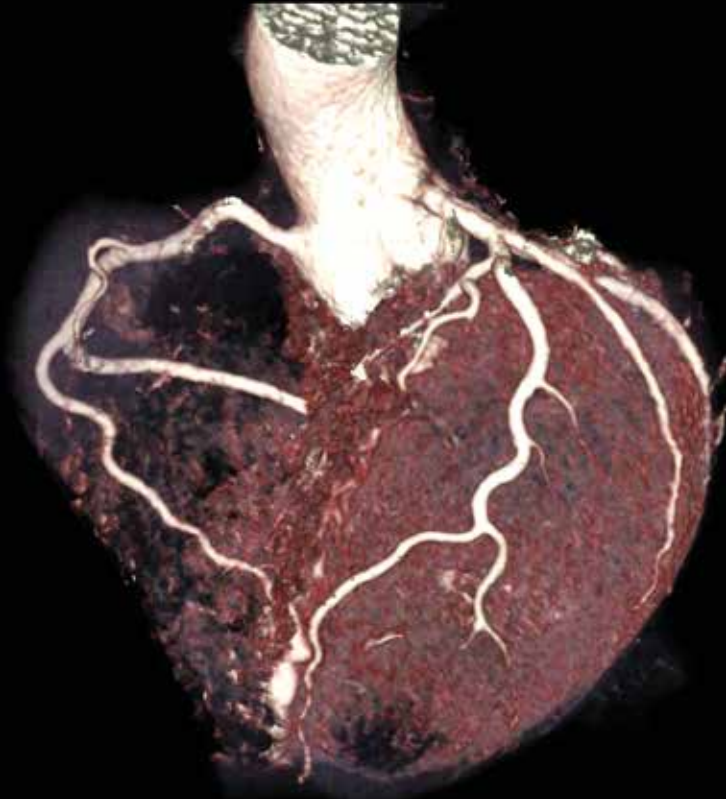
De energie van nieuwe technologieën

We blijven ervan overtuigd dat de 3D-technologie wonderlijke, innovatieve technieken zal voortbrengen. We zien nu reeds een fusie ontstaan van diagnostische informatie met digitale behandelingsplanning, zo nodig ontwerpen van specifieke hulpmiddelen of vervangingsmiddelen. De diagnostische informatie wordt optimaal gebruikt, niet enkel voor diagnose maar ook voor behandelingsplanning en gedurende de feitelijke behandeling. Gezien de informatie digitaal is, kunnen postoperatieve bevindingen teruggekoppeld worden naar de uitgangssituatie en zo kan een kwaliteitscontrole van de uitgevoerde behandeling worden gerealiseerd. Het valt te verwachten dat de toepassingen van de 3D-technologie binnen de geneeskunde nog zullen toenemen en zich in verschillende, zoniet alle, deelgebieden van de geneeskunde manifesteren. Plots zien we het landschap van de geneeskunde ingrijpend veranderen: meer high tech, meer individueel en minder invasief.

Dr. Luc Vrielinck
MKA-chirurg

MEDISCHE BEELDVORMING: VAN **2D** NAAR **3D**, VAN SUPERPOSITIE NAAR VIRTUELE ANATOMIE





Medische beeldvorming heeft gedurende de laatste twee decaden een belangrijke technische evolutie doorlopen waarbij nu, naast het klassieke tweedimensionale beeld, ook driedimensionale beelden kunnen vervaardigd worden van de structuren in het menselijke lichaam. Dit maakt het bijvoorbeeld mogelijk op virtuele wijze doorheen het menselijk lichaam te navigeren.

Het begrip driedimensionaal of 3D verwijst naar de aanwezigheid van drie meetkundige dimensies: diepte, breedte en hoogte. Het menselijk lichaam heeft een driedimensionale vorm en is opgebouwd uit driedimensionale structuren (vb. hart, dikke darm, beenderen). Medische Beeldvorming ('Radiologie') is de geneeskundige specialiteit die instaat voor het vervaardigen van beelden van het inwendige van het menselijk lichaam bij een patiënt, met name van structuren normalerwijs niet zichtbaar voor het menselijke oog. Verschillende modaliteiten die courant gebruikt worden voor medische beeldvorming zijn onder meer radiografie, echografie, computertomografie (CT-scan), botscan (scintigrafie) en magnetische resonantie beeldvorming (MRI).

Een tweedimensionaal beeld waarop een volledige driedimensionale structuur is weergegeven wordt gekenmerkt door structuren die op elkaar projecteren (superpositie): bijvoorbeeld bij een postero-antérieure radiografie van de borstkas projecteert het borstbeen op het hart dat dan weer projecteert op de wervelkolom. Deze superpositie bemoeilijkt de interpretatie, bijvoorbeeld het begrijpen van de positie en vorm van de verschillende structuren.

Een snedebeeld (mogelijk bij echografie, CT-scan, SPECT, PET-scan en MRI-scan) is een twee-dimensionaal of 2D-beeld van een snede doorheen het menselijk lichaam; hierbij worden de verschillende structuren niet op elkaar geprojecteerd, maar op één beeld is van

elke structuur een klein stukje zichtbaar. Een reeks van snedebeelden laat uitstekende diagnostiek toe van ziekteprocessen in een patiënt waarbij de normale anatomie gewijzigd is.

Een volumescan (echografie, CT- of MRI-scan) resulteert in een dataset met driedimensionale informatie van een bepaald deel van het lichaam. Deze dataset bestaat uit kubusjes van drie gelijke zijden met een lengte tussen 0.1 en 1 mm (ook isotrope voxels genoemd). Met deze volume dataset kunnen dan softwarematig beeldreconstructies vervaardigd worden in gelijk welk vlak of gebogen ruimtelijke structuur: bijvoorbeeld volgens het verloop van een bloedvat, of een 3D representatie van het hart, van een defect in de schedel, van een kniegewricht of een kaakgewricht. Deze 3D beelden geven patiënt-specifieke informatie weer, en kunnen dus gebruikt worden om voor elke patiënt individueel een aangepaste behandeling uit te werken (virtueel navigeren in de anatomie van de patiënt als voorbereiding op of tijdens een operatie, pre-operatief 3D-mallen of prothesen op maat vervaardigen).

Vijfhonderd jaar geleden was de Vlaming Andreas Vesalius een geniaal pionier op het vlak van directe visualisatie van de 3D menselijke anatomie door het uitvoeren van gedetailleerde dissecties van het menselijke lichaam. Vandaag schept Medische Beeldvorming de virtuele 3D anatomie van elke individuele patiënt. Bijvoorbeeld, de radioloog vervaardigt 3D beelden van de kransslagaders op het kloppende hart (figuur boven); de radioloog maakt in 3D een virtuele vlucht doorheen de dikke darm en ontdekt een poliep (pijl in figuur links); de radioloog opent virtueel de schedel en evalueert in 3D de elektrische bedrading in de hersenen (figuur rechts).

Prof. dr. Jan Vandevenne
Radioloog



Dr. Bert Ferdinade: "Alles gebeurt minimaal invasief via de liesader. De patiënt kan na één of twee dagen het ziekenhuis verlaten en meteen nadien de dagelijkse activiteiten hernemen."

PRIMEUR VOOR LIMBURG

NIEUWE PERCUTANE TECHNIEK VOOR BEHANDELING VAN HARTKLEP INSUFFICIENTIE BIJ MENSEN MET GEVORDERD HARTFALEN

Eind december 2014 werd in het ZOL de eerste Mitralclip geplaatst. Het gaat om een nieuwe, minimaal invasieve techniek waarbij men in staat is om via een punctie in de liesader een mitraliskleplek op te lossen. De cardiologen van het ZOL zijn steeds voorlopers geweest in het toepassen van spijttechnologie voor mensen met gevorderd hartfalen. Mitralclip is een aanvulling op de bestaande technieken waardoor de opties voor patiënten met een mitraliskleplek nog uitgebreider worden.

Elke dag krijgen ongeveer 40 Belgen – veelal 65-plussers – de diagnose van hartfalen. Wie opgenomen wordt in het ziekenhuis met de diagnose hartfalen, heeft 50% kans dat hij binnen het jaar overlijdt of opnieuw in het ziekenhuis wordt opgenomen. De ziekte is dus geassocieerd met een zeer slechte prognose, slechter dan de meeste kankers.

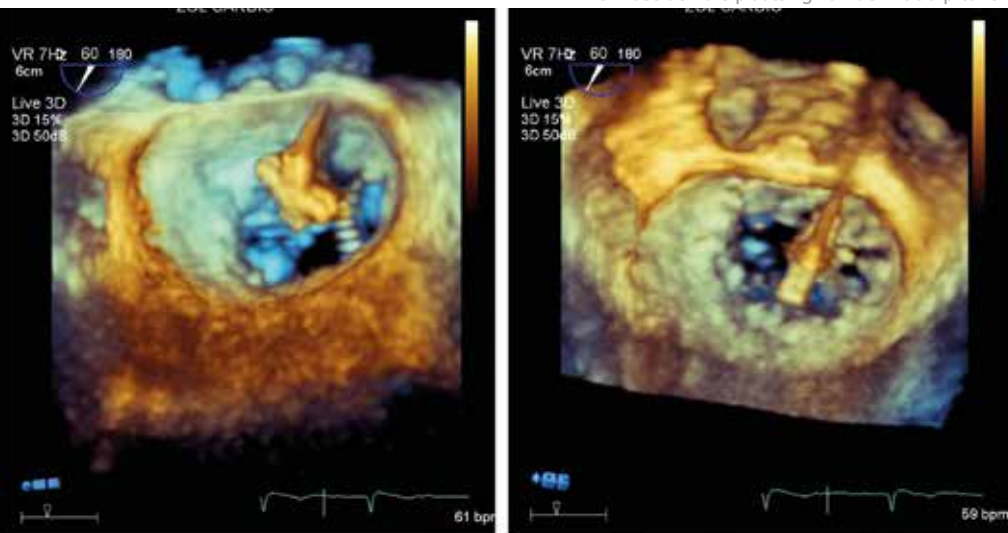
Hartfalen is een echte epidemie aan het worden. Naar schatting 1 op 10 mensen in België zal gedurende zijn leven hartfalen ontwikkelen.

Redenen voor de toename is onder andere de vergrijzing van de bevolking, naast de toenemende ongezonde levensstijl in de westerse wereld. Maar liefst 1 op 5 overlijdens is gelinkt met hartfalen.

Prof. dr. Wilfried Mullens, cardioloog in het ZOL en verbonden aan Universiteit Hasselt, verduidelijkt wat er precies aan de hand is bij een falend hart: "Het hart is zo vermoeid dat het zijn functie niet meer naar behoren kan vervullen. Meestal kan het het bloed niet meer krachtig

genoeg in de slagaders pompen. Het probeert als compensatie sneller te pompen maar raakt hierdoor nog meer uitgeput. De toevoer van bloed en dus ook van zuurstof naar de organen vermindert bijgevolg en dat uit zich op termijn in een algemeen vermoeidheidsgevoel. Omdat het bloed met minder kracht wordt rondgepompt, vloeit het ook minder vlot terug naar het hart. Hierdoor kan er zich bloed ophopen in organen. Zoals in de longen, wat aanvankelijk alleen bij inspanning en later ook bij rust kortademigheid veroorzaakt en ademen al liggend kan bemoei-

3D-beelden die plaatsing van de Mitraclip tonen.



lijken. Ook in de onderste ledematen hoopt zich vaak bloed op, wat zich uit in gezwollen enkels. Al deze tekenen vallen niet erg op, maar vloeien wel voort uit ernstige tekortkomingen van het hart die er vaak al jaren zijn en die zonder ingrijpen, alleen maar groter worden."

Spitstechnologische steun

Afhankelijk van de oorzaak en evolutie van het hartfalen zijn er naast uitgebreide medicamenteuze opties, revalidatie en aanpassingen in levensstijl ook enkele operatieve ingrepen mogelijk om de klachten en prognose te verbeteren.

Een harttransplantatie is uiteraard de meest resolute en zwaarste ingreep die voor slechts een klein percentage, streng geselecteerde patiënten met erg ver gevorderd hartfalen wordt voorbehouden. Meer courante ingrepen zijn bijvoorbeeld het overbruggen of met een stent wegdrücken van vernauwingen in de kransslagaders.

"Daarnaast zijn we in het ZOL ook steeds voorlopers geweest in het toepassen van spitstechnologie voor mensen met gevorderd hartfalen," aldus prof. Mullens. Zo zal een CRT-pacemaker (**C**ardiale **R**esynchronisatie**T**herapie) uitkomst kunnen bieden als je hartkamers niet meer gelijkmatig samen-trekken. Loop je tegelijk ook risico op levensbedreigende hartritmestoornissen, dan wordt in hetzelfde pacemakerkastje nog een defibrillator geplaatst.

Prof. Mullens en zijn team toonden recent aan dat zo'n pacemaker de hartfalenklachten doorgaans spectaculair verbetert als de patiënt multidisciplinair wordt opgevolgd. "Dus door de cardioloog, de huisarts, een hartfalenverpleegkundige en eventueel nog andere gezondheidsprofessionals. Tegelijk vermindert dan drastisch de kans dat de patiënt ooit opnieuw voor hartfalen moet worden opgenomen. En dat maakt de dure CRT-pacemaker tot een op termijn heel rendabele investering voor de maatschappij."

Verder is het zo dat door de vergroting van het hart er vaak een lek optreedt ter hoogte van de klep tussen de linker voorkamer en de linker kamer, een zogenaamde mitralisklep insufficiëntie. "Dit zal niet enkel de klachten van de patiënt sterk doen toenemen, maar heeft ook prognostisch een belangrijke negatieve invloed." De standaardbehandeling hiervan is chirurgische vervanging of herstel van de defecte hartklep. Dit gaat gepaard met een langere opname in het ziekenhuis met vaak langere herstelperiode achteraf thuis. Bovendien zijn heel veel patiënten met gevorderd hartfalen niet bestand tegen een dergelijke, ingrijpende operatieve ingreep (slechts 20% van de patiënten met een sig-

nificante mitralisklep insufficiëntie ondergaat mitralisklepchirurgie) en heeft de chirurgische techniek nog niet bewezen bij dit soort mensen te leiden tot een duidelijke verbetering van de prognose.

Recent werd een nieuwe techniek ontwikkeld waarbij men in staat is om via een punctie in de liesader het kleplek op te lossen: de Mitraclip.

Mitraclip

Interventioneel cardioloog dr. Bert Ferdinande van het ZOL legt uit: "De procedure wordt uitgevoerd met een speciaal apparaatje, de zogenaamde Mitraclip, die op een catheter wordt gemonteerd. De Mitraclip kan nog het best vergeleken worden met een nietje, in de vorm van een wasknijper, dat ter plaatse wordt achtergelaten en de blaadjes van de lekkende hartklep vastgrijpt. Op deze manier sluit de klep doeltreffender zodat de terugstroom van bloed naar de voorkamer van het hart wordt verhinderd."

"Alles gebeurt minimaal invasief via de liesader: na de procedure is er slechts één enkele hechting zichtbaar ter hoogte van de liesplooï. De patiënt kan meestal één of twee dagen nadien het hospitaal verlaten en vrijwel meteen nadien de dagelijkse activiteiten hernemen, zonder lange revalidatieperiode."

Terwijl de interventionele cardioloog bij een eenvoudig diagnostisch hartonderzoek of stentplaatsing alleen in de zaal is met 1 of 2 verpleegkundigen, is het bij een Mitraclip plaatsing heel wat drukker in de catheterisatiezaal. Dr. Ferdinande: "Het gaat vaak om patiënten met een hoog risico. Daarom hebben we eerst en vooral een ervaren anesthesist en anesthesieverpleegkundige nodig.

Vervolgens is de continue aanwezigheid van een cardioloog die expert is in de echografie onontbeerlijk: we sturen de Mitraclip naar de juiste plaats met behulp van een 3-dimensionale slokdarmecho en zijn hierbij volledig afhankelijk van de aanwijzingen van de echografist, die de anatomie van de hartkamers en kleppen kent als zijn broekzak. We hebben verder drie zeer ervaren en toegewijde verpleegkundigen in de zaal: de eerste bedient de röntgenbuis, de twee anderen zijn verantwoordelijk voor de voorbereiding van het device, waarbij meer dan 100 verschillende stappen doorlopen moeten worden alvorens de Mitraclip klaar is voor implantatie. Ten slotte wordt het sturen en plaatsen van het device gedaan door twee interventionele cardiologen samen, wat anders is dan bij klassieke procedures en wat dus heel wat communicatie vraagt."

Men kan zich afvragen waarom niet alle patiënten met een mitraliskleplek op deze manier behandeld worden. Dr. Ferdinande: "Mitraclip is een aanvulling op de bestaande technieken waardoor de opties voor patiënten met een mitraliskleplek nog uitgebreider worden, maar waarvoor zeker niet elke patiënt in aanmerking komt. Ook voor de patiëntenselectie werken we daarom multidisciplinair. Onze cardiologen gespecialiseerd in hartfalen zoals prof. Mullens en dr. Dupont zorgen ervoor dat alle patiënten optimaal behandeld worden met medicatie en de eventuele plaatsing van een CRT-pacemaker. De collega's gespecialiseerd in beeldvorming zoals dr. Vandervoort en dr. Verhaert evalueren vervolgens de ernst en het mechanisme van het kleplek, zodat we per geval samen met onze cardiale chirurgen kunnen beslissen welke techniek we best toepassen."



TEAMWERK

Terwijl de interventionele cardioloog bij een eenvoudig diagnostisch hartonderzoek of stentplaatsing alleen in de zaal is met één of twee verpleegkundigen, is het bij een Mitraclip plaatsing heel wat drukker in de catheterisatiezaal. Het team bestaat uit een ervaren anesthesist en anesthesieverpleegkundige, een cardioloog die expert is in de echografie, drie zeer ervaren en toegewijde verpleegkundigen en ten slotte twee interventionele cardiologen.





Dr. Luc Vrielinck: "Onze dienst MKA is gespecialiseerd in het uitvoeren van behandelingen met zygoma implantaten. Door gebruik te maken van deze behandelingstechniek kunnen er patiënten worden geholpen voor wie klassieke implantologische technieken niet volstaan."

3D-NAVIGATIE EN ZYGOMA IMPLANTATEN: DE MISSING LINK?

In situaties met voldoende eigen kaakbot, kan een patiënt relatief gemakkelijk en voorspelbaar geholpen worden met gewone standaard tandimplantaten. De situatie wordt heel wat moeilijker wanneer de patiënt gedurende geruime tijd (10 -15 jaar) tandeloos is, waardoor er atrofie van het kaakbot is opgetreden.

Het slinken van het kaakbot heeft tot gevolg dat de volledige prothese steeds minder en minder houvast heeft, met verminderen van de kauw mogelijkheden en onverwacht loskomen van de prothese als gevolg (fig 1).

Wat zijn zygoma implantaten ?

In de gevallen van sterk botverlies dient de kaakchirurg in een eerste fase over te gaan tot reconstructie van het oorspronkelijke botvolume door het uitvoeren van botgreffe transplantaties (heupkamgreffe of craniale botgreffe), waarna er standaard implantaten kunnen geplaatst worden. Eenmaal de geplaatste implantaten geïntegreerd zijn in het bot, kan er door de tandarts een vastzittende prothese aan bevestigd worden.

Er zijn echter klinische situaties waarin het kaakbot ter hoogte van de bovenkaak zodanig geslonken is dat het uitvoeren van een botreconstructie onmogelijk of onvoorspelbaar wordt. In deze situaties kan worden overgegaan tot het plaatsen van zygoma implantaten. Zygoma implantaten zijn langer (30-50 mm) dan standaard implantaten (10-15 mm). Zij kunnen hierdoor ook op grotere afstand van het kaakbot worden geplaatst (bvb ter

hoogte van het zygomabot, ter hoogte van de schedelbasis of ter hoogte van de pterygoid zone). Deze zones bevinden zich in de buurt van kritische anatomische structuren, de oogkas, de schedelbasis, de infraorbitaal zenuw en de maxillaire bloedvaten. Om die redenen is het aangewezen om het boren en het plaatsen van deze implantaten nauwkeurig te plannen en gestuurd chirurgisch uit te voeren. Onze dienst MKA is gespecialiseerd in het uitvoeren van behandelingen met zygoma implantaten. Door gebruik te maken van deze behandelingstechniek kunnen er patiënten worden geholpen voor wie klassieke implantologische technieken niet volstaan.

Het belang van een 3D-onderzoek

De behandelingsplanning start met een CT-scan of met een CBCT-scan van de te behandelen kaak (fig 2). Vervolgens wordt de eigenlijke behandeling met zygoma implantaten in 3D voorbereid met behulp van specifieke software (bvb NobelClinician™). Dit onderzoek laat toe de hoeveelheid beschikbaar bot ter hoogte van de bovenkaak nauwkeurig te bepalen. Indien de hoeveelheid bot ontoereikend is om standaard implantaten te plaatsen, dan wordt er nagegaan of het

plaatsen van zygoma implantaten mogelijk is. Dit gebeurt door 3D-computersimulatie op de scan van de patiënt. De tip van het zygoma implantaat bevindt zich ter hoogte van het zygoma bot (jukbeen). Het os zygomaticus vormt de laterale aflijning van de orbita en vormt tegelijk de boven- en buitenzijde van de maxillaire sinus. Aan de achterzijde van het zygoma bevindt zich de infratemporale fossa. Het is voor de behandeling van het grootste belang om de implantaatplaatsing precies in het os zygomaticus te laten gebeuren. Bij afwijkingen van de juiste asrichting kan de tip van het zygoma implantaat in de orbita terecht komen, perforeren door de achterzijde van de maxillaire sinus, of in de infratemporale fossa terechtkomen. Het 3D-onderzoek laat de chirurg toe de precieze anatomie van de patiënt te onderzoeken en een virtuele chirurgische voorbereiding uit te voeren (fig 3). Ondanks precieze voorbereiding en simulatie in 3D-software, heeft de chirurg tijdens de operatieve behandeling vaak ook nood aan 3D-informatie betreffende de positie van de boor en/of de positie van de implantaten ten opzichte van de kritische anatomische structuren zoals hoger beschreven.

Navigatietechnieken: de missing link tussen 3D-simulatie en de operatieve behandeling

Traditioneel is de chirurg aangewezen op tweedimensionale beelden die tijdens de operatieve ingreep kunnen vervaardigd en beoordeeld worden. Sinds het beschikbaar komen van snelle computers en intelligente hulpmiddelen en software kan de chirurg nu in 'real time' operatieve beelden bekomen en daarmee bijzonder accuraat chirurgische interventies doen (fig.4). Voor procedures waar de visualisatie zeer moeilijk is, of de operatieve handeling zich in een kritische anatomische zone van het gelaat afspeelt, is een navigatiesysteem een grote aanwinst. De locatie van de chirurgische instrumenten (bvb. de boor) kan zo goed als perfect worden weergegeven in real time.

Men kan het systeem het best vergelijken met dat van een GPS die werkt met behulp van satellieten. In de operatiezaal worden de satellieten vervangen door een speciale camera, en de kaarten door de radiologische gegevens die binnenkomen in de computer via de CT of CBCT scan. Het gebruikte instrument werkt als een GPS-eenheid. Net zoals de satelliet weet waar de GPS ontvanger zich bevindt op aarde, kan de camera bepalen waar het instrument zich bevindt in het lichaam van de patiënt.

Voordelen van de navigatietechniek

De navigatietechniek geeft aan de chirurg 'real time' informatie over de anatomie van de patiënt, de positie van de instrumenten,

eventuele pathologiestatus en de plaatsing van de ingebrachte implantaten in geval van zygoma implantaatchirurgie (fig.5). De navigatiesoftware wordt gebruikt voor zowel de planning van de chirurgie, de peroperatieve begeleiding van de chirurg, als de postoperatieve controle van de ingreep. In geval een initieel geplande behandeling peroperatief niet mogelijk blijkt, zal met behulp van de navigatietechniek peroperatief een alternatieve oplossing kunnen gezocht worden. Dit verbetert natuurlijk de besluitvorming in de operatiekamer, verhoogt de chirurgische kwaliteit en vermindert de risico's op foutieve plaatsing van de implantaten.

Sinds deze techniek in onze afdeling wordt toegepast hebben we nieuwe chirurgische oplossingen bedacht om lange implantaten te plaatsen in locaties die niet direct zichtbaar zijn voor de chirurg (bvb. plaatsen van implantaten in de pterygoïd zone of in de schedelbasis...).

De indicaties voor toepassing van deze navigatietechniek beperken zich niet tot plaatsen van zygoma implantaten, maar het vormt ook een hulpmiddel voor orthognatische chirurgie, behandeling van complexe kaakfracturen, oncologische resecties, kaakgewrichtschirurgie en het verwijderen van vreemde voorwerpen uit het maxillofaciaal massief (bvb. verwijderen van een kogel die in de schedelbasis vast is komen te zitten).

Beschrijving van een casus

Maria, een patiënte van 78 jaar werd ruim 15 jaar geleden met conventionele implantaten

ter hoogte van de bovenkaak behandeld. Deze implantaten functioneerden zeer goed, totdat voortschrijdende periïmplantitis (ontsteking van het kaaksbeen rondom de implantaten) het verwijderen van de implantaten noodzakelijk maakte. Nadat de implantaten verwijderd waren, bleek er erg weinig bot ter hoogte van de bovenkaak overgebleven te zijn, zodat het dragen van een volledige prothese uitgesloten was (fig.6). Ook het kleven van de prothese bracht geen oplossing en patiënte werd hierop door een collega kaakchirurg verwezen om na te gaan of een implantaatbehandeling met zygoma implantaten mogelijk was. De orthopantomografische opname (fig 1) en de CBCT opname (fig.2) toonden aan dat er zeer weinig bot beschikbaar was ter hoogte van de maxilla. De verschillende metingen toonden aan dat het beschikbare bot slechts een hoogte tussen 2 en 4 mm had, terwijl een normale edentate kaak een bothoogte van ongeveer 15 mm heeft. De patiënte vertoont nog steeds een actief sociaal leven en daarom vroeg zij om zo snel als mogelijk tot een nieuwe behandeling over te gaan, zodat zij tenminste opnieuw vaste tanden in de mond zou hebben en haar sociaal leven zou kunnen hervatten. Om die reden werd er in overleg met de patiënte geopteerd voor een minimaal invasieve behandeling met zygoma implantaten, geplaatst met navigatietechniek.

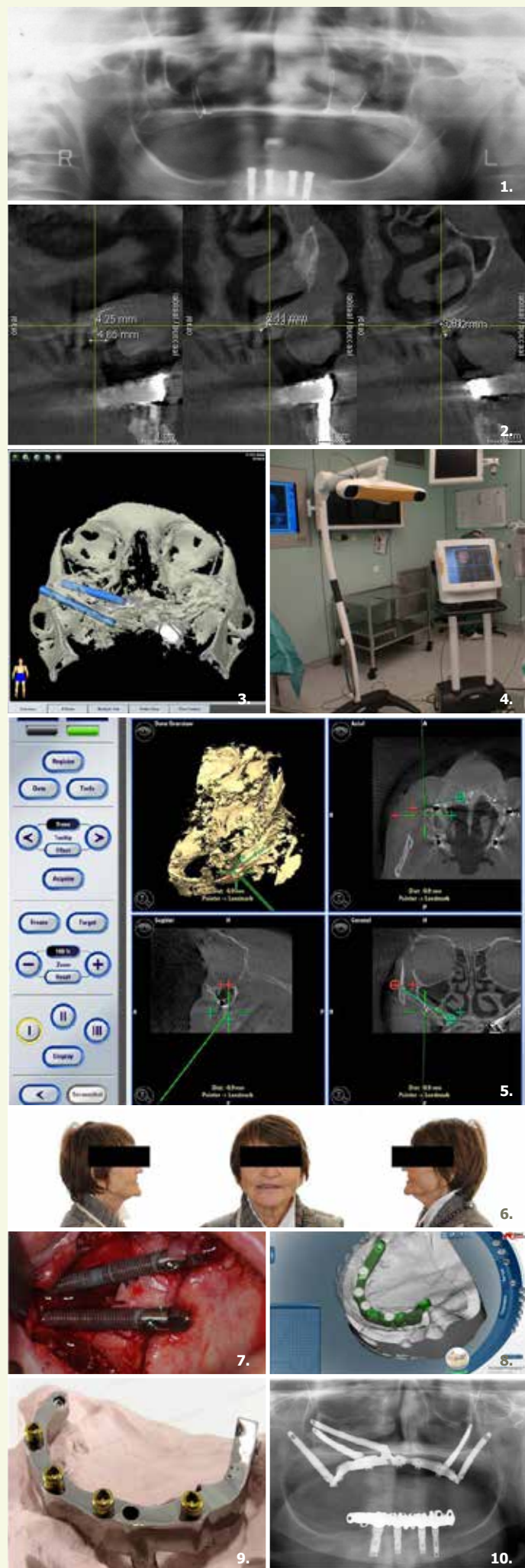
De voorziene behandeling werd voorbereid in de Brainlab software waarbij in totaal 5 zygoma implantaten werden gepland. De eigenlijke chirurgische behandeling vond plaats onder algemene anesthesie. Nadat de navi-

gatie apparatuur (Brainlab) geïnstalleerd was en de registratie van de bovenkaak met de preoperatieve scan was uitgevoerd, konden de vooraf voorbereide boortrajecten worden geboord. De navigatiesoftware laat toe in real time de positie van de boor te bepalen ten opzichte van de kaak van de patiënte en ten opzichte van de voorafgeplande boorrichting. De software verwittigt de chirurg met auditieve en visuele signalen indien wordt afgeweken van het voorgenomen traject.

Na een ingreep van 1,5 uur kon de behandeling worden besloten met de succesvolle plaatsing van de vijf implantaten (fig.7). Doordat de implantaten zeer stabiel in het bot konden geplaatst worden kon de behandelende tandarts zeer snel met de prothetische verzorging beginnen. Na het vervaardigen van de afdruk ter hoogte van de implantaten kon het tandtechnisch labo een 3D CAD CAM gefreesde baar ontwerpen (fig.8), die erna in een 7-assige freesmachine werd geslepen uit een blok massief Titanium (fig.9). De baar dient uiteindelijk als steun voor de prothese. Ongeveer één maand na de chirurgische procedure was de behandeling beëindigd, dit tot grote voldoening van de patiënte en de verwijzende tandarts (fig.10).

**Dr. Luc Vrielinck, dr. Serge Schepers,
dr. Sarah Van Slycke, dr. Joeri Meyns,
dr. Frans-Willem ten Broek,
dr. Guido Heijsters**
MKA-chirurgen

Figuur 1: Orthopantomogram opname met beeld van sterke atrofie ter hoogte van de bovenkaak. **Figuur 2:** CBCT opname met cross-sectionele doorsneden ter hoogte van de bovenkaak. Er is zeer weinig overblijvend bot aanwezig ter hoogte van de maxilla. **Figuur 3:** 3D reconstructie van de bovenkaak en planning van zygoma implantaten in Brainlab software. **Figuur 4:** Typische opstelling van het Brainlab navigatiesysteem in ZOL. Aan de linker zijde de captor (gele kleur) die in real time de positie van het hoofd van de patiënt bepaalt en de positie van de chirurgische instrumenten bepaalt. Aan de rechter zijde het computerscherm met het 3D-beeld van de patiënt geprojecteerd wordt. **Figuur 5:** Een peroperatief zicht met aanduiding van de 'targets' en de reële positie van de instrumenten (boren). **Figuur 6:** Een preoperatief zicht van de patiënte waarbij de weerslag van de sterke atrofie van het kaakbeen klinisch duidelijk is in de vorm van een sterk ingevallen middengelaat. **Figuur 7:** Intra-operatief zicht nadat er twee zygoma implantaten werden geplaatst. **Figuur 8:** CAD / CAM ontwerp van de prothetische baar op de implantaten. **Figuur 9:** De gefreesde Nobelpocera baar, die dienst zal doen als steun voor de prothese. **Figuur 10:** Radiografie op het einde van de behandeling met demonstratie van de vijf zygoma implantaten ter hoogte van de bovenkaak.



MEDISCHE 3D-PRINTING BIJ

VOORBEREIDING VAN EEN KAAKOPERATIE

De dienst Mond- Kaak- en Aangezichtschirurgie van het ZOL maakt sinds een aantal jaar gebruik van hoogtechnologische ondersteuning om operaties tot in het kleinste detail voor te bereiden, waaronder ook 3D-printen. Een mooie illustratie is de virtuele voorbereiding van een kaakoperatie.

Eind jaren '80 was de eerste commerciële 3D-printer een feit. De technologie werd initieel gebruikt in het leger, de ruimtevaart en de industrie. In het begin van deze eeuw ontstonden de eerste toepassingen in de medische wereld. Sindsdien is deze technologie verder verfijnd en ook een stuk goedkoper geworden, waardoor ze vandaag in de dagelijkse praktijk niet meer weg te denken is. Printen van 3D-objecten vormt de link tussen de virtuele wereld en de realiteit van de operatiezaal.

Kaakcorrecties

Om de kaken en tanden in een goede positie ten opzichte van elkaar en in harmonie met de rest van het gelaat te brengen kan een kaakcorrectie noodzakelijk zijn.

Een kaakcorrectie (ook wel orthognathische chirurgie genoemd) wordt altijd nauwgezet voorbereid en gesimuleerd voorafgaand aan de operatie.

Klassiek gebeurt dit nog steeds voornamelijk met behulp van radiografieën, afdrucken van het gebit en gipsmodellen (fig 2). Al deze gegevens worden bestudeerd en de operatie wordt vervolgens op de gipsmodellen gesimuleerd. Het resultaat van al deze voorbereidingen is een operatie-mal of wafer (fig 2) die tussen de tanden past en tijdens de operatie wordt gebruikt om de

geplande verplaatsing van de kaken exact te reproduceren in de operatiezaal (fig 4).

Virtuele voorbereiding

De introductie van CT-scans met een lage stralingsdosis, 3D-fotografie en digitale afdrucken van het gebit hebben geleid tot een verdere optimalisatie van de planning van een kaakcorrectie (fig 3).

Een CT-scan met een lage dosis, ook wel cone beam CT genoemd, wordt genomen van het gezicht en de schedel op de raadpleging MKA. Digitale afdrucken van het gebit worden doorgaans bij de orthodontist genomen. Hierbij wordt met een intra-orale scanner het volledige gebit gescand in de mond. Deze scan levert een virtueel model van de tanden op, dat veel accurater is dan het klassieke gipsmodel dat verkregen wordt door te happen in afdrukpasta.

Het geheel kan vervolgens nog aangevuld worden met een 3D-foto van de patiënt. In het verleden werd hiervoor gebruik gemaakt van gespecialiseerde 3D-camera's. Op dit moment beschikken we echter over handige software waarmee uit een aantal klassieke digitale foto's van het gezicht, een 3D-foto van de patiënt kan worden gereconstrueerd.

Alle gegevens worden gecombineerd tot een virtueel schedel met het gebit en gelaatscontour van de patiënt (fig 1). De operatie wordt gesimuleerd op dit virtueel gezicht (vaak een samenwerking tussen chirurg en ingenieur) en het te verwachten resultaat kan op voorhand (virtueel) worden geëvalueerd (fig 5).

Het overbrengen van deze planning naar de realiteit van de operatiezaal gebeurt door

middel van een aantal operatiemallen die door de 3D printer individueel per patiënt worden geprint (wafer). Deze wafer wordt tijdens de operatie gebruikt om de geplande kaakverplaatsingen zeer nauwkeurig te reproduceren in de operatiezaal (fig. 4).

Operaties op maat

In de virtuele omgeving beschikt de chirurg over alle gegevens in 1 model: zowel het kaakbot, de tanden als het gelaat kunnen in 1 virtueel model worden weergegeven en beoordeeld (fig 1). Hierdoor kan in 1 oogopslag worden geëvalueerd wat de gevolgen zijn van de verplaatsing van het kaakbot op de tanden en op het gelaat. Dit zorgt ervoor dat de operatie tot in het kleinste detail kan worden voorbereid en het te verwachten resultaat optimaal kan worden gesimuleerd. Het vervaardigen van een operatiemal (wafer) via 3D-printen, levert een nauwkeurige overbrenging van de virtuele planning naar de realiteit van de operatiezaal (fig 4).

Toekomst

De techniek werd een aantal jaar geleden geïntroduceerd en in de loop der jaren verder verfijnd. Ook de afdeling MKA in het ZOL gebruikt reeds enkele jaren deze techniek. De evolutie is nog niet ten einde en in het ZOL wordt geëxperimenteerd met de meerwaarde van het creëren van een virtuele omgeving in de operatiezaal zelf. Hierbij wordt met complexe apparatuur de verplaatsing van de kaak tijdens de operatie gecontroleerd met de geplande virtuele verplaatsing.

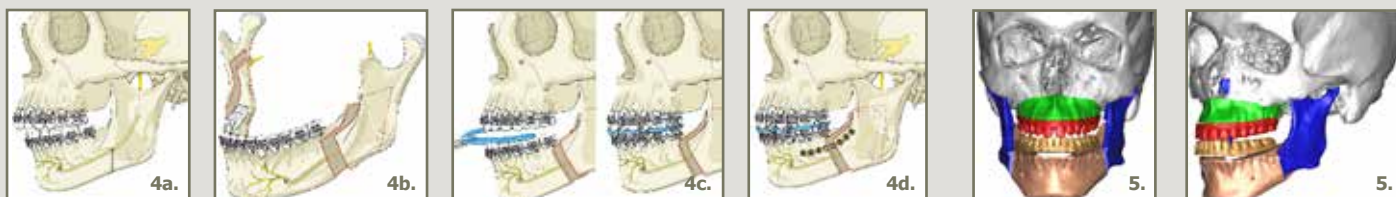
Dr. Joeri Meyns
MKA-chirurg



Figuur 1: virtueel gezichtsmodel. Zowel de informatie van het bot, de weke delen als de tanden zijn aanwezig in dit virtuele model. **Figuur 2:** klassieke voorbereiding: Afdrukken van het gebit (a), radiografie van de schedel (b) en metingen op het gelaat (c) leiden uiteindelijk tot een behandelplan. De operatie wordt eerst uitgevoerd en voorbereid op een gipsmodel (d). Het resultaat van de modeloperatie is een plastic plaatje (wafer) (e) wat tijdens de operatie wordt gebruikt om de geplande verplaatsing van de kaken te reproduceren.



Figuur 3: virtuele voorbereiding: Digitale afdruk van het gebit (a), CT-scan van de schedel (b) en metingen op het gelaat (c) leiden uiteindelijk tot een behandelplan. De operatie wordt eerst uitgevoerd en voorbereid op een virtueel model (d). Het resultaat hiervan is een plastic plaatje (wafer) (e) wat door een 3D printer wordt geprint en wat tijdens de operatie wordt gebruikt om de geplande verplaatsing van de kaken te reproduceren. De virtuele simulatie kan ook worden gebruikt om het te verwachten resultaat met de patiënt te bespreken (f).



Figuur 4: schematische voorstelling van een operatie van de onderkaak. De wafer (blauw) bepaalt de gewenste positie van de onderkaak. a. Oorspronkelijke kaakstand. b. Onderkaak los gemaakt. c. Verplaatsing van de onderkaak naar voor (blauw = operatiemaal). d. Fixatie van de onderkaak in de nieuwe stand met plaatjes en schroeven. **Figuur 5:** Voorbeeld van een virtuele simulatie van een operatie van de boven- en onderkaak. De bovenkaak (groen) werd samen met de tanden in de bovenkaak (rood) naar voor verplaatst. De onderkaak (bruin) werd samen met de tanden in de onderkaak naar achter verplaatst.

INTRA-OPERATIEVE NAVIGATIE BIJ OPEN KAAKGEWRICHTSCHIRURGIE

Het gecombineerde gebruik van intra-operatieve navigatie en piezo-chirurgie bij kaakgewrichtschirurgie werd zover geweten nog niet beschreven in de literatuur. De aanpak biedt nochtans verscheidene voordelen. We hebben de indruk dat er minder chirurgische verwikkelingen zijn en de ingreep verloopt vlotter en sneller. Niet in het minst is de stress-load op het chirurgisch team veel minder bij het doorzagen van het kaakbot op 3-4 cm diepte naar de schedelbasis en de grote bloedvaten toe.

Om deze schijnbare voordelen evidence-based te bewijzen in een Randomised Clinical Trial studie is een multicentrische opzet nodig. De nauwkeurigheid van de ingreep en het comfortgevoel voor het chirurgisch team tijdens de operatie maken dat we de meerderheid van onze patiënten die kaakgewrichtschirurgische behandelingen moeten ondergaan nu al op deze wijze opereren.

Beperkte indicaties

Open kaakgewrichtschirurgie heeft slechts beperkte indicaties en komt ook relatief weinig voor. Bijzondere aandachtspunten tijdens deze chirurgie zijn in het bijzonder de nabijheid van de nervus facialis die de spieren van de gelaatsmimiek bezuigt (fig 1). Het bot is ook erg dun naar craniaal toe in de diepte van de fossa condylaris, maar ook ter hoogte van de eminentia articularis. Wegname van bot, zoals bijvoorbeeld bij

een eminectomie, zou daarom tot intracraniele penetratie kunnen leiden. Verder zijn er de bloedvaten aan de mediale zijde van het kaakgewricht (fig 2). Het kwetsen van deze bloedvaten - in het bijzonder de arteria maxillaris interna, de arteria auricularis profunda en de arteria meningea media - is sowieso ongewenst, maar omdat ze aan de achterzijde (surgeon's point of view) van het kaakgewricht liggen, kan men er voor hemostase in geval er zich een bloeding voordoet slechts via een open benadering dan wel met behulp van een interventionele arteriografie.

Met behulp van intra-operatieve navigatie ziet de chirurg door het positioneren van een pointer op het CT-beeld waar hij zich exact bevindt. Anderzijds heeft piezochirurgie het voordeel dat er geen weke delen gekwetst worden als men ze incidenteel raakt. Het zaagje is een soort puntzaagje dat geen grote oscillerende bewegingen maakt en uiterst geschikt is om in 'diepe en smalle' caviteiten bot te snijden.

Indicaties (niet-limitatieve lijst) zijn aangegeven in tabel 1.

Patiënten en methode

Sinds 2012 werden een tiental patiënten aan het kaakgewricht geopereerd, gebruik makend van per-operatieve navigatie gecombineerd met piezochirurgie. Indicaties waren trauma, post-traumatische ankylo-

se, tumor van het kaakkopje, kaakgroei-stoornis bij jonge patiënten en recidiverende kaakluxaties.

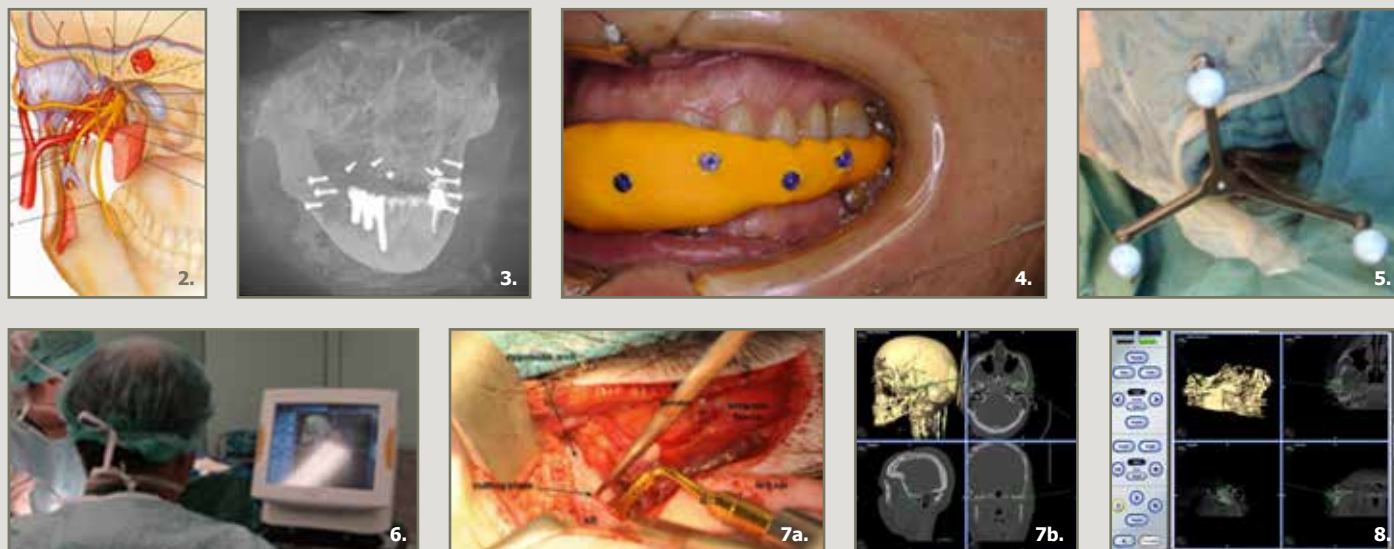
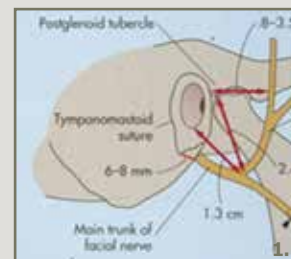
Voor iedere patiënt met ofwel zelf-tappende schroeven gepositioneerd in de kaak ofwel met een registratietemplate met referentieschroeven in de mond (fig 3 + 4) werd een pre-operatieve CBCT-scan (Galileos, Sirona, Germany, 0.3mm slice thickness, 85KV, 42 mAs) of een CT-scan (Somatom Definition, Siemens AG, Forchheim, Germany, 1 mm slice thickness, table speed 1 sec, pitch/increment 0.55). De output data werden bewaard in Digital Image Communications in Medicine (DICOM) formaat en daarna ingevoerd in een iPlan ENT 3.0 software tool voor pre-operative chirurgische planning (Brainlab AG, Feldkirchen, Germany). Voor de patiënten die een eminectomie of een tumorresectie ondergingen werden deze structuren manueel gesegmenteerd en gevisualiseerd. Daarna werd de planning via de USB-stick overgebracht naar het navigatietoestel in de operatiezaal.

De pre-operatieve CT-beelden worden getoond op de monitor langs de chirurg. (fig 6)

Het dynamische referentiekader wordt gefixeerd op de schedel van de patiënt (fig 5) en er wordt begonnen met een patient-to-image registratie door middel van de VectorVision Pointer (Brainlab AG,

Tabel 1.

INDICATIES VOOR CHIRURGIE AAN HET KAAKGEWRICT	
1.	Trauma aan de kaakkopjes met intra-articulaire botfragmenten, forse dislocatie van het caput mandibulae.
2.	Groeistoornissen met asymmetrie en open beet tot gevolg: bvb. Hemimandibulaire elongatie, condylaire hyperplasie.
3.	Tumoren: bvb osteoma aan caput mandibulae.
4.	Recidiverende kaakopluxatie: eminectomie.
5.	Anterieure discusluxatie zonder reductie die resistent is aan conservatieve therapie.
6.	Ankylose van het kaakgewricht: posttraumatische ankylose, postinfectieuze ankylose.



Figuur 1: Bijzondere aandachtspunten tijdens deze chirurgie zijn in het bijzonder de nabijheid van de nervus facialis die de spieren van de gelaatsmimiek bezuigt.

Figuur 2: De bloedvaten aan de mediale zijde van het kaakgewricht. **Figuur 3:** CBCT-beeld met zichtbare registratieschroeven. **Figuur 4:** template met registratieschroeven. **Figuur 5:** dynamisch referentie kader dat gefixeerd zit op de schedel van de patiënt. **Figuur 6:** brainlab opstelling met monitor langs chirurg en de ET-achtige kijker die met twee infrarode lichtbundels de positie van de patiënt én de operatie-instrumenten in de ruimte registreert en deze matcht op het CT-beeld. **Figuur 7a:** pointer geeft positie in de diepte weer maar ook de **figuur 8:** navigatiebeeld bij opheffen van een posttraumatische kaakgewrichtsankylose. inclinatie van de zaagrichting. **Figuur 7b:** per-operatief beeld op monitor van de situatie in figuur 7a.

Feldkirchen, Germany)). Deze registratie wordt geaccepteerd als er geen afwijkingen groter dan 1 mm aanwezig zijn tussen de aangebrachte referentieschroeven en de pointerpunt.

De chirurgie gebeurt via een standaard pre-auriculaire insnede en naar caudaal toe over de fascia temporalis naar de arcus zygomaticus, de fossa glenoidalis en de eminentia articularis. Het piezo-zaagje (Mectron Srl, Carasco, Italy) wordt gebruikt om het bot te snijden en de pointer om de inclinatie en richting van zagen en de diepte van de botsnede te verifiëren (fig 7).

Dit is belangrijk want de mediale zijde van de condyles is niet zichtbaar vanuit het operatiestandpunt. Van zodra met de pointer gezien wordt dat de botsnede quasi volledig is, wordt het zaagmanoeuvre gestopt.

**Dr. Serge Schepers, Sun Yi,
Eva Lakiere, Hein Wagemans**
Afdeling MKA ZOL

Referentielijst:

1. Baldwin AJ, Cooper JC. Eminectomy and plication of the posterior disc attachment following arthroscopy for temporomandibular joint internal derangement. J Craniomaxillofac Surg 2004;32:354-359
2. Williamson RA, McNamara D, McAuliffe W. True eminectomy for internal derangement of the temporomandibular joint. Br J Oral Maxillofac Surg 2000;38:554-560
3. Yeung RW, Xia JJ, Samman N. Image-guided minimally invasive surgical access to the temporomandibular joint: A preliminary report. J Oral Maxillofac Surg 2006;64:1546-1552
4. Ewers R, Schicho K, Undt G, et al. Basic research and 12 years of clinical experience in computer-assisted navigation technology: a review. Int J Oral Maxillofac Surg 2005;34:1-8
5. Malis DD, Xia JJ, Gateno J, et al. New protocol for 1-stage treatment of temporomandibular joint ankylosis using surgical navigation. J Oral Maxillofac Surg 2007;65:1843-1848
6. Schmelzeisen R, Gellrich NC, Schramm A, et al. Navigation-guided resection of temporomandibular joint ankylosis promotes safety in skull base surgery. J Oral Maxillofac Surg 2002;60:1275-1283
7. Yu HB, Shen GF, Zhang SL, et al. Navigation-guided gap arthroplasty in the treatment of temporomandibular joint ankylosis. Int J Oral Maxillofac Surg 2009;38:1030-1035
8. Yu H, Shen G, Wang X, et al. Navigation-guided reduction and orbital floor reconstruction in the treatment of zygomatic-orbital-maxillary complex fractures. J Oral Maxillofac Surg 2010;68:28-34

9. Sun Y, Luebers HT, Agbaje JO, et al. Evaluation of 3 different registration techniques in image-guided bimaxillary surgery. J Craniomaxillofac Surg 2013;24:1095-1099
10. Luebers HT, Messmer P, Obwegeser JA, et al. Comparison of different registration methods for surgical navigation in craniomaxillofacial surgery. J Craniomaxillofac Surg 2008;36:109-116
11. Bettschart C, Kruse A, Matthews F, et al. Point-to-point registration with mandibulo-maxillary splint in open and closed jaw position. Evaluation of registration accuracy for computer-aided surgery of the mandible. J Craniomaxillofac Surg 2012;40:592-598
12. Marmulla R, Luth T, Muhling J, et al. Markerless laser registration in image-guided oral and maxillofacial surgery. J Oral Maxillofac Surg 2004;62:845-851
13. Yu H, Shen SG, Wang X, et al. The indication and application of computer-assisted navigation in oral and maxillofacial surgery-Shanghai's experience based on 104 cases. J Craniomaxillofac Surg 2013
14. Heiland M, Habermann CR, Schmelze R. Indications and limitations of intraoperative navigation in maxillofacial surgery. J Oral Maxillofac Surg 2004;62:1059-1063
15. Smith JA, Sandler NA, Ozaki WH, et al. Subjective and objective assessment of the temporalis myofascial flap in previously operated temporomandibular joints. J Oral Maxillofac Surg 1999;57:1058-1065; discussion 1065-1057
16. Verhaeghe W, S. Schepers, Y. Sun, et al.: Removal of a low velocity projectile from the base of the sphenoid sinus using navigation guided endoscopy, Journal of Craniofacial Surgery. 2012, 472-476.

3D BIO-PRINTING IN MOND-, KAAK- EN AANGEZICHTSHEELKUNDE

Van oudsher worden in de tand- en mond-heelkunde weefselvervangende technieken gebruikt ter vervanging van tand-, bot- en weke delen van het gelaat.

Tandvervanging door middel van prothetische voorzieningen is al eeuwen oud. Een doorbraak kwam er toen ontdekt werd dat implanteerbare titaniumstructuren een integratie met het kaakbot konden realiseren. Titanium tandimplantaten zijn in staat om een solitaire kroon- of brugvoorziening te ondersteunen. Ze zijn evenwel niet in staat het verloren gegane bot na tandverlies te regenereren. Ook worden tal van situaties vastgesteld waarbij de osseo-integratie geheel of gedeeltelijk verloren gaat. Onderzoek is vooral gericht op een blijvende hermetische afsluiting tussen het mondmilieu en het implantaatgedeelte in het kaakbeen, op een snellere osseo-integratie, op een implantaat-geïnduceerde botwinst zowel in horizontale zin rondom het implantaat, alsook in verticale zin. Deze doelstellingen tracht men te bereiken door wijzigingen in de macro-, micro- en nano-geometrie van het implantaat, maar ook door coating van de implantaten met cellen, groeifactoren, biomoleculen en eiwitten. Een type

coating omvat hydrogels die een sterke binding toelaten met biomoleculen, waarna een snelle en stevige botintegratie volgt bij implantatie. Deze hydrogels worden 3D-geprint.

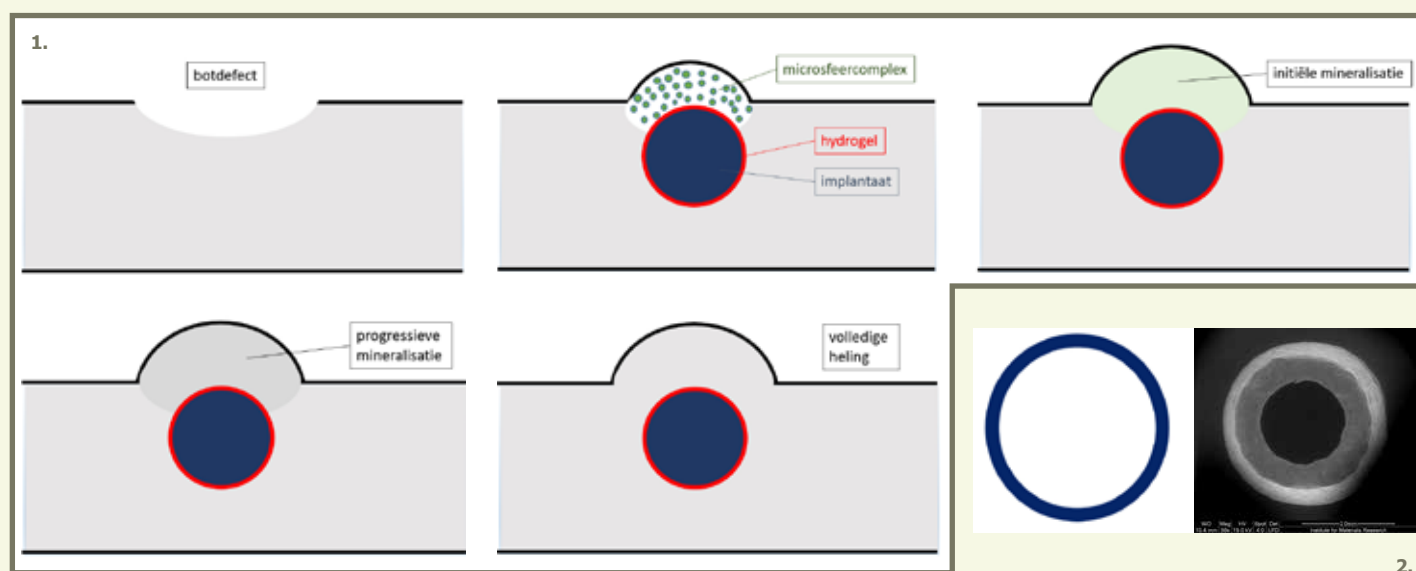
Ook poreuze titanium implantaten kunnen 3D geprint worden, wat de weg opent naar op maat geprinte tandimplantaten. Dit bevindt zich in het klinisch experimenteel stadium. Verticale botwinst wordt niet bereikt, maar bedekking van een fenestratie van een tandimplantaat is met dergelijke technieken wel mogelijk (Fig 1).

Tandvervanging middels implantaten is één weg die bewandeld wordt, het genereren van een nieuwe tand is de andere weg. Hiervoor wordt een holle scaffold 3D-geprint (Fig 2). Deze wordt aan de binnenzijde bekleed met een 3D geprinte hydrogel (Fig 3). Deze hydrogel vormt een ideale matrix voor de inbedding van humane dentale stamcellen (Fig 4, Fig 5). Na subcutane implantatie gedurende 12 weken wordt duidelijke angiogenese, depositie van extracellulaire matrixeiwitten en botvorming vastgesteld (Fig 6, Fig 7, Fig 8). Het is vooralsnog niet mogelijk humane dentale stamcellen te 'printen'. Dit blijft een celweek en een hybride oplossing die erg bewerkelijk is. Daarom

wordt ook de piste bewandeld van cell-homing. Hierbij wordt de hydroxyapatiet scaffold en de binnenbekleding met hydrogel in 3D geprint en wordt de hydrogel opgeladen met groeifactoren, cytokines en botvormende proteïnes (Fig 9). Hun chemotactische werking laat toe om cellen te rekruteren naar de 'pulpaholte' (de holte van de scaffold) toe om deze zo te voorzien van een aangetrokken celpopulatie (cell-homing). Vooralsnog blijft dit alles beperkt tot het experimentele stadium, maar de proof of principle is geleverd.

De beste bioprinter blijft het menselijk lichaam. Na een autotransplantatie van een tandkiem, is deze in staat een volledig nieuwe tandwortel te regenereren (Fig 10). Het maakt zijn eigen bioprint.

De gouden standaard voor botvervanging in de kaakheelkunde blijft autoloog bot. Probleem hierbij is de morbiditeit van de donorsite. Zowel vrije botenten als ook vrij gevasculariseerde botenten vanuit de fibula of de scapula zijn standaard technieken. Zolang natuurlijk bot het defect omringt kan veel bereikt worden met behulp van osteoconductive materialen. Gaat het om segmentale kaakbeendefecten dan zal



Figuur 1: Adhesie van celcomplexen (botcel microsferen) op tandimplantaten door een coating van het implantaat met een hydrogel-eiwit-laag. **Figuur 2:** A. schematische weergave van een 3D geprinte scaffold van hydroxyapatiet, de natuurlijke substantie van tandglazuur. B. Scanning elektronenmicroscopische opname van een 3D geprinte HA scaffold (Dr. Petra Hilken, Groep Functionele Morfologie, UHasselt).

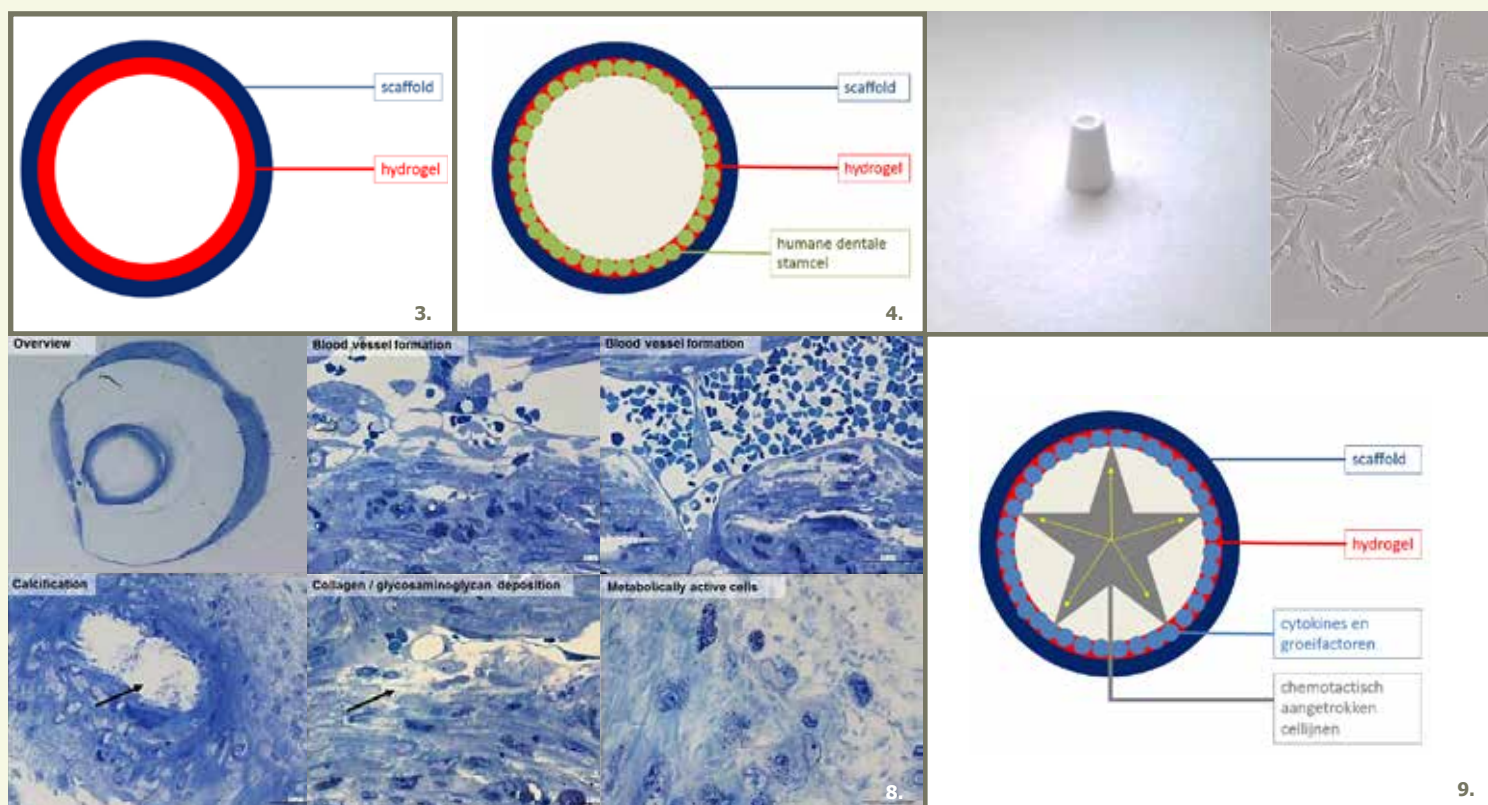
in aanwezigheid van periost en een goed gevasculariseerd vaatbed ontstaan kunnen worden met autologe bottenten. Soms volstaat het om scaffolds te voorzien al dan niet gevuld met osseoconductive biomaterialen en groeifactoren. In defecten met deficiënte vascularisatie en/of deficiënte weefselinbedding zal vrij gevasculariseerd bot moeten aangebracht worden. De 3D printing technieken van vandaag laten toe om biocompatibele chirurgische templates te vervaardigen die gebruikt kunnen worden tijdens operatieve reconstructies om een juiste vorm en afmeting te bereiken van de autologe bottenten. Deze 3D prints bestaan uit polyjet photopolymeren (Fig 11).

Druppels vloeibare fotopolymeer worden laagsgewijze neergelegd net zoals bij een inktjet printer op aangeven van een CAD-CAM vervaardigd digitaal model. Deze druppels worden uitgehard middels een ultraviolette straal en op plaatsen van ondersnijdingen wordt steunmateriaal gebruikt dat nadien kan uitgewassen worden. Deze biomaterialen kunnen tot 24 u in het lichaam verblijven, waardoor het gebruik zich beperkt tot de peroperatieve fase. (Fig 12)

Vrije enten, gesteelde flappen en vrij gevasculariseerde lappen zijn intussen ingeburgerd om kleine en grote weke delen defecten van het gelaat te vervangen. 3D-printing ter vervanging

van bot of weke delen heeft hier nog géén klinische intrede gedaan.

Op dit ogenblik is het binnen de MKA-wereld niet mogelijk om defecte of ontbrekende structuren te vervangen door 3D-bioprinting. De weg die voor ligt, is het printen van bioscaffolds die gecombineerd kunnen worden met celgeïmplantatie van de patiënt zelf. Zo is het mogelijk huid- en kraakbeencellen op geprinte scaffolds te laten groeien, al dan niet gecombineerd met de integratie van ferro-elektrische nanopartikels. Een mooi voorbeeld hiervan werd geleverd aan de Universiteit van Princeton, waarbij in één printbeweging een bionisch oor werd geprint



Figuur 3: De 3D geprinte scaffold wordt inwendig gecoat met een 3D geprinte hydrogel. **Figuur 4:** de hydrogel wordt opgeladen met humane dentale stamcellen. **Figuur 5:** De 3D geprinte hydroxyapatiet scaffolds worden geladen met humane dentale stamcellen ingebed in een hydrogel (Dr. Petra Hilken, Groep Functionele Morfologie, UHasselt). **Figuur 8:** Histologische onderzoek toont nieuwe bloedvaten, extracellulaire matrix en botvorming (Dr. Petra Hilken, Groep Functionele Morfologie, UHasselt). **Figuur 9:** tegenover het principe van de celtransplantatie staat het principe van 'cell-homing'. In plaats van de hydrogel te laden met getransplanteerde stamcellen, wordt de hydrogel gevuld met cytokines, chemotactische factoren en botvormende proteïnes waarna cellen gerecrueteerd worden naar deze nieuwe 'pulpaholte' toe om ze te behuizen (cell-homing).

vanuit een hydrogel-laag in de vorm van een oorschelp bezaaid met chondrocyten die in celcultuur werden gebracht en met integratie van een inductieve antenne.

Gekende scaffolds om biomoleculen te integreren zijn hydrogels. Deze kunnen van natuurlijke oorsprong (collageen, hyaluronzuur, fibrine, agarose, alginaat) of van synthetische oorsprong zijn (polyethyleenglycol (PEG) en poly(2-hydroxy ethyl methacrylaat) (PHEMA) of een hybride samenstelling hebben. Kenmerkend voor deze scaffolds is dat ze afbreken door hydrolyse terwijl ze inmiddels vervangen worden door de doelcellen zonder toxische afbraakproducten achter te laten. De structuur

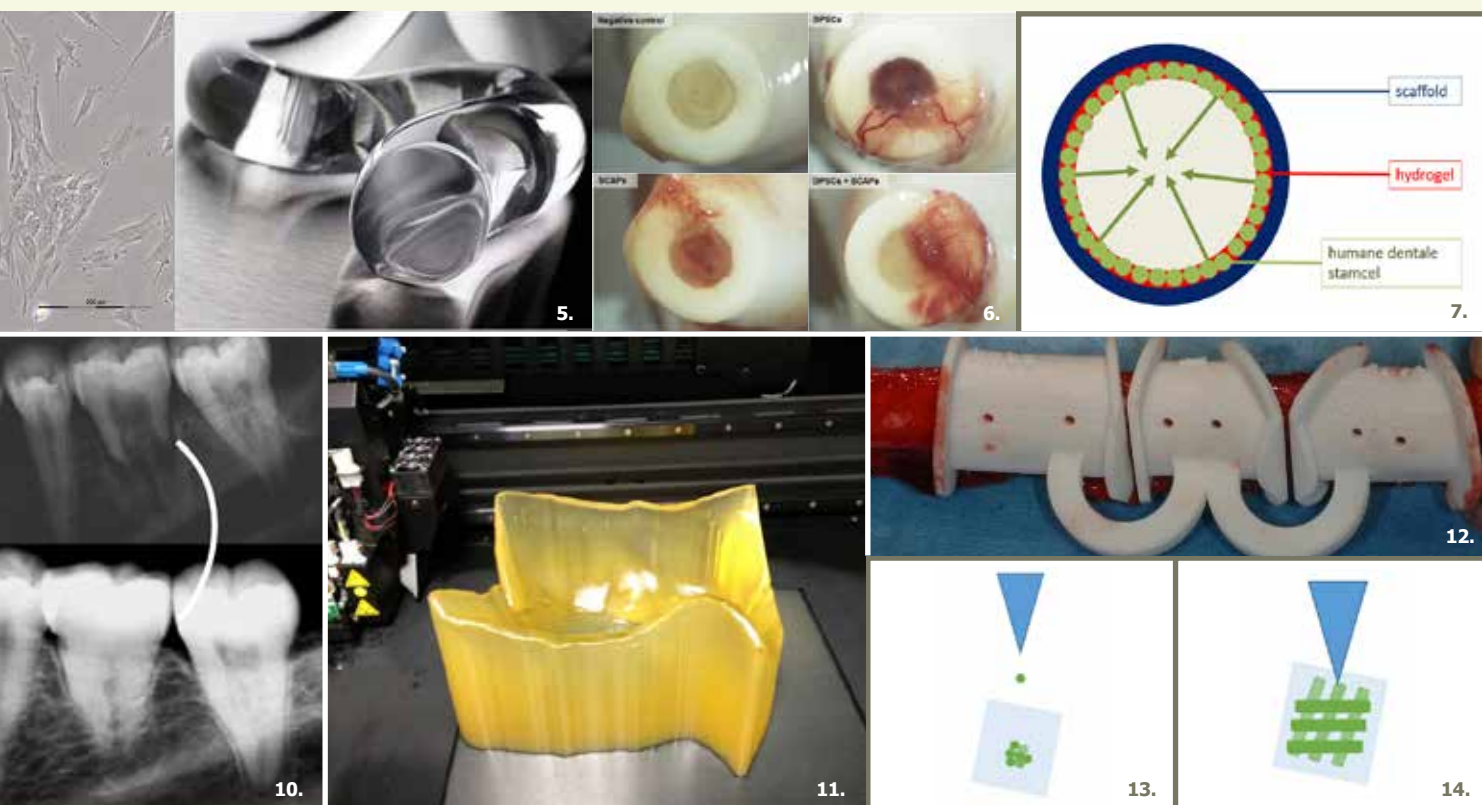
van deze polymeren kan chemisch gewijzigd worden in functie van de gewenste eigenschappen. Scaffolds moeten mechanische sterkte en een hoge porositeit hebben met poriën van de gewenste grootte.

Biofabricatie van scaffolds en cellen gebeurt op verschillende manieren: traditionele technieken, bioprinting en fotolithografie.

In de traditionele biofabricatie worden eerst de scaffolds vervaardigd, waarna de cellen op de cellen worden gezaaid. De poriën worden vervaardigd door chemische oplossing, door het creëren van gasbellen of door vriesdroogtechnieken.

Bioprinting kan men zich voorstellen als het druppelen van bio-inkt (celaggregaten, sfeertjes) op bio-papier (substraat). De bio-inkt kan ofwel via een inkt-jet systeem gedrukt (Fig 13) worden via een mechanische printkop, ofwel ontstaan door direct contact tussen printkop en de substraatmatrix (extrusie-bioprinting) (Fig 14). Door fotopolymerisatie van de bio-inkt met UV-licht wordt de definitieve structuur bereikt.

Fotolithografietechnieken zijn gekend uit de halfgeleider technologie waarbij fotonen interageren met polymeren die zo uitharden en een 3D netwerk vormen waarin cellen kunnen



Figuur 6: Na subcutane implantatie gedurende 12 weken wordt duidelijke angiogenese, depositie van extracellulaire matrixeiwitten en botvorming en vastgesteld (Dr. Petra Hilken, Groep Functionele Morfologie, UHasselt). **Figuur 7:** de getransplanteerde humane dentale stamcellen zullen prolifereren, differentiëren en een extracellulaire matrix vormen die de 'pulpaholte' gaat vullen (Dr. Petra Hilken, Groep Functionele Morfologie, UHasselt). **Figuur 10:** na een autotransplantatie van een natuurlijke tandkiem is de nieuwe wortel in staat om een volledige wortelvorming te genereren met alle natuurlijke componenten van dentine en pulpa-inhoud. **Figuur 11:** grotere volumes van biocompatiebele 3D scaffolds kunnen geprint worden met de Objet Connex 350 Printer van Stratasys. **Figuur 12:** chirurgische template om de zaagsnede aan te brengen tijdens een operatieve ingreep bij een vrij gevasculariseerde fibulalap. **Figuur 13:** inkt-jet gebaseerde bioprinting waarbij polymeerdruppels gecontroleerd worden neergelegd. **Figuur 14:** extrusie bioprinting waarbij de polymeer wordt neergelegd door direct contact van de printkop met het substraat.

gevat worden (fibroblasten, hepatocyten, neuronen, endotheelcellen). Er wordt weinig hitte geproduceerd wat gunstig is voor de celoverleving, maar bij de initiatie van de polymeeruitharding ontstaan vrije radicalen die cytotoxisch zijn. Complexe hydrogels kunnen met deze techniek vervaardigd worden.

Men onderscheidt de masker-fotolithografie, de stereolithografie en de multifotonlithografie.

Alle genoemde technieken hebben het nadeel dat de scaffolds passief zijn en niet actief interageren met de cellen die ze bevatten. Verder is het niet mogelijk viabele cellen in een dichte structuur te behouden zonder centrale bloed-

voorziening. Deze cellen kunnen ofwel een cultuur zijn van éénzelfde celtype (bv. auriculair kraakbeen ter vervaardiging van neuskraakbeen) maar kunnen ook via stamceldifferentiatie vanuit lichaamseigen tandpulpacellen (van een wijsheidstand) gedifferentieerd worden (schwanncellen, kraakbeencellen).

We kunnen besluiten dat 3D-bioprinting van vitale structuren in de MKA nog ver af is omdat het complexe en heterogene solide weefsels betreft. Voor tanden is de combinatie van een 3D-print van een scaffold van harde tandweefsels, afgelijnd met een bekleding van hydrogel die opgeladen wordt met hetzij dentale stamcellen hetzij che-

motactische factoren al realiteit in vivo. De autotransplantatie van tandkiemen blijft het ultieme mechanisme dat nagestreefd wordt.

Prof. dr. Constantinus Politis ^(1,2),
prof. dr. Reinhilde Jacobs ⁽¹⁾,
prof. dr. Ivo Lambrichts ⁽²⁾

⁽¹⁾ Onderzoeksgroep OMFS-IMPATh, KULeuven

⁽²⁾ Onderzoeksgroep Functionele Morfologie, UHasselt



Dr. Geert Lauwers: "Voor longresecties is thoracoscopie de nieuwe standaard. Vele series tonen evenwaardige resultaten aan met minder pijn en een snellere revalidatie van de patiënt."

THORACOSCOPIE IN 3D



Thoracoscopie in 3D



3D-navigatie in de endovasculaire heekunde

Steeds meer thoracale ingrepen worden ook scopisch uitgevoerd. Voor longresecties is thoracoscopie de nieuwe standaard. Vele series tonen evenwaardige resultaten aan met minder pijn en een snellere revalidatie van de patiënt.

In anatomische resecties van de long is een goede visualisatie noodzakelijk. De beeldkwaliteit is reeds veel verbeterd met HD-beelden. Doch het dieptezicht ontbreekt hierbij nog altijd. Met 3D HD beeldvorming wordt het dieptezicht ook mogelijk. Gezien de dissectie vaak plaatsvindt rond kwetsbare bloedvaten zorgt deze techniek voor een verhoogde veiligheid en kan de dissectie ook nauwkeuriger worden uitgevoerd. Dit levert voordelen op voor de patiënt maar ook voor de chirurg die enkel een lichtgewicht 3D-bril dient te dragen. Een bijkomend voordeel van

deze scoop is dat hij een flexibele camera heeft zodat vanuit verschillende hoeken naar het operatieveld gekeken kan worden, wat in de thoraxholte een enorm voordeel is.

Nadat deze nieuwe techniek herhaaldelijk getest werd, is een 3D-toren aangekocht die voornamelijk voor thoracoscopische longresecties wordt gebruikt. Voorlopig is het ZOL het enige centrum in België waar deze toren voor thoracoscopie gebruikt wordt.

3D-navigatie in de endovasculaire heekunde

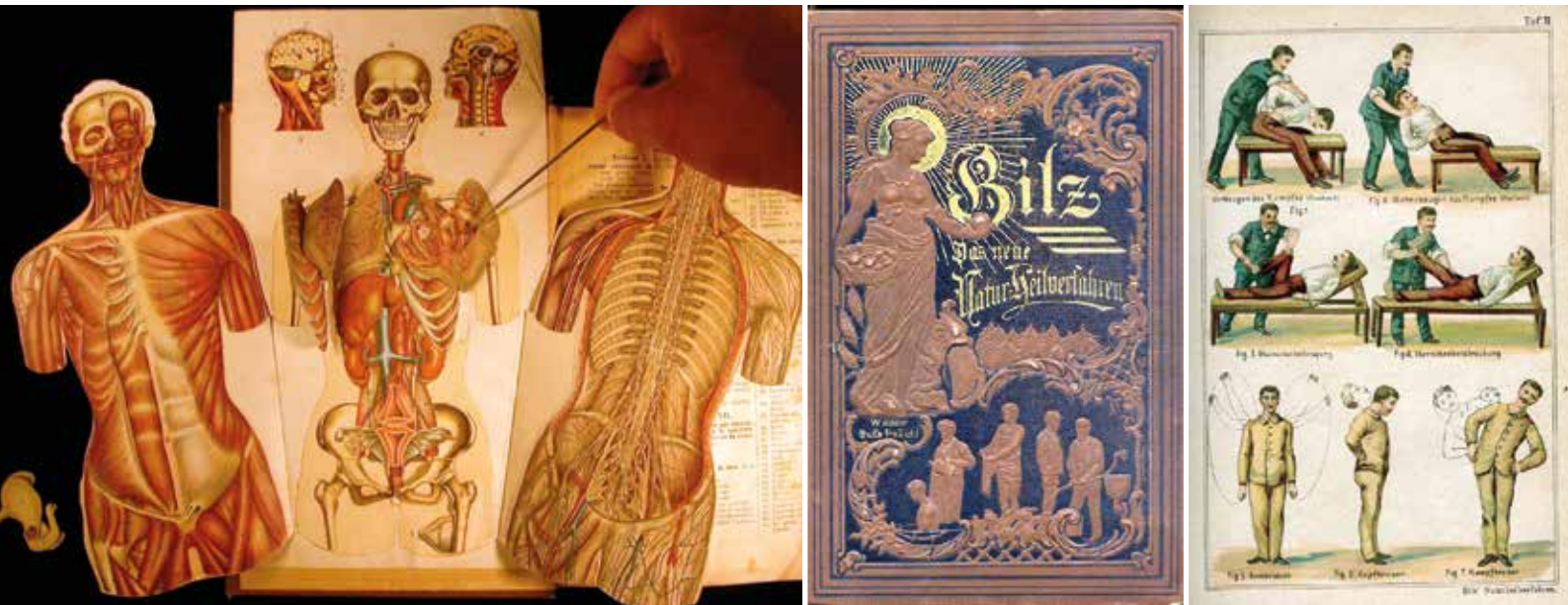
Endovasculaire therapieën worden uitgevoerd door navigatie in de bloedvaten die met contrast gevuld worden en radiografisch worden weergegeven.

Verdere ontwikkelingen in de software maken het nu mogelijk om beelden van de

patiënt die voordien reeds gemaakt werden, zoals CT-scan of MRI, in te laden in de nieuwe angiografietoestellen en met een 2D-referentiebeeld te matchen, zodat men verder kan werken op de voordien reeds gemaakte beelden. Dit levert een aanzienlijke besparing op van contraststof en van röntgenstralen. De beelden van CT en MRI kunnen ook in 3D geprojecteerd worden wat het navigeren gemakkelijker en preciezer maakt.

Deze nieuwe techniek zal weldra ter beschikking zijn in de nieuwe endosuites die in de nieuwe K-blok op campus Sint-Jan zullen geïnstalleerd worden.

Dr. Geert Lauwers
Thoraco-vasculair chirurg



FRIEDRICH EDUARD BILZ (1842 - 1922)

Friedrich Bilz was geen arts maar een selfmade ondernemer die een belangrijke bijdrage leverde tot iets wat in zijn tijd schromelijk verwaarloosd werd: een gezonde levenswijze.

In het begin van de industriële revolutie loosden fabrieken ongelimiteerd vuil en werkten de mensen aan de lopende band in ongezonde omstandigheden. Bilz had het aan den lijve ondervonden in een weverij waar stoffen chemisch geverfd werden. Hij kreeg ademproblemen en maagkrampen. Zijn arts vertoonde weinig interesse voor zijn problemen en daarom sloot Bilz zich aan bij de arbeidersvereniging: Gesundheitspflege und Naturheilkunde. In de vergaderingen ontpopte hij zich als een ruimdenkend man die goede ideeën had en ze graag op zichzelf uitprobeerde.

Bilz geluk

Zijn leven nam een gunstige wending toen hij verliefd werd op Marie Auguste, de dochter van Johann Kreil, de baas van de weverij. Na de geboorte van een dochter, Marie Lina, moest hij wel met zijn Marie Auguste trouwen maar daar was de schoonvader niet boos om. De jonge Friedrich leek hem een geschikte echtgenoot, een kerel met een gedreven ondernemersgeest. Voor het jonge koppel kocht de rijke schoonvader een huis en Bilz kwam op het goede idee daarin een winkel met Koloniale Waren te openen. Tussen de exotische producten

bevonden zich natuurlijke stoffen zoals peper, saffraan en geneeskrachtige kruiden. De zaak floreerde goed zodat hij de winkel kon overlaten aan zijn vrouw om tijd vrij te maken voor zelfstudie en zijn Naturheilkunde clubje. Met grote ijver verdiepte hij zich in alle boeken en tijdschriften waar iets over gezondheid, ziekte en behandelingsmethoden te vinden was. Als complete autodidact maakte hij daar een samenvatting van en publiceerde zijn meest bekende boek in 1888: Bilz, das neue Heilverfahren, ein Nachschlagbuch für Jedermann in gesunden und kranken Tagen.

Bilz-Buch

Met zijn meer dan 2000 bladzijden was het Bilz-Buch zoals het in de volksmond genoemd werd, dikker dan de bijbel, en na de bijbel het best verkochte boek. In de loop der jaren gingen zo'n 3,5 miljoen exemplaren over de toonbank. Het werd in twaalf talen vertaald en de kerel met de gedreven ondernemersgeest werd steenrijk. Het succes van het boek lag in wat de Duitsers een Gesamtkunstwerk noemen. Encyclopedisch opgevat, bevatte het een vrij volledige beschrijving van de menselijke anatomie, allerlei ziekten, pijnen, allergieën en natuurgeneeskundige behandelingen zoals waterkuren, blote-voeten-lopen en diverse sporten. Als niet-arts schrok Bilz er niet voor terug om er ook medische recepten in op te nemen. Daarnaast gaf hij een overzicht van de belangrijkste geneeskrachtige planten en paddenstoelen, al dan niet giftig. Men kon er ook alles lezen over intoxicaties, dronkenschap,

homeopathie, magnetisme, hypnose en voor de volledigheid laste Bilz er ook een soort kookboek in met gezonde recepten. Ondermeer een rôti à la broche met de vermelding van de meest geschikte alcohol om het vuur aan te maken en de beste houtskool om de kippensaté gezond en smakelijk te roosteren.

Naast een allesomvattende encyclopedie was een tweede reden voor het succes het eenvoudige taalgebruik. Iedereen kon het verstaan. Ook een eenvoudige arbeider. Een derde troef waren de overvloedige en informatieve illustraties. Ze toonden de waterkuren van Kneipp, diverse massages, gymnastiekoefeningen, stoom- en elektrische baden, huidziekten, leverkwalen en de misvormingen door een spannend korset. Op de binnenkant van de harde kaft van elk deel plakte Bilz een uitklapbare anatomische mens. In deel 1 is dat een man die men laag na laag kon openklappen om zo vanaf de opperhuid alle onderliggende structuren te zien. In deel 2 een jonge vrouw met ondermeer een omklapbare linkerborst om de melkgangen en melkblaasjes te zien.

De Bilz-Kneipp connectie

Voor de heilzame waterkuren die Bilz aanpreef speelde hij leentje buur bij Sebastian Anton Kneipp (1821–1897). Deze Beierse priester maakte rond die tijd naam en faam met zijn Kneippkuur. In het begin van het hoofdstuk over waterkuren last Bilz een biografie in van Kneipp en is vol lof over diens natuurlijke be-



handelingsmethode. Nadien maakt hij in 100 bladzijden een korte samenvatting van Kneipp's eerste boek uit 1886: *Meine Wasserkur*.

Bilz-Sanatorium

Rond zijn 50ste kocht de inmiddels schatrijke Bilz een uitgestrekt landgoed in Oberlößnitz. Het was een grote wijngaard die op een flank lag met bovenaan op de berg een uitzichttoren en onderaan een grote villa met wijnpers, bakhuis, wasplaats en diverse stallen. Van het complex maakte hij een luxe Spa en kuuroord om zijn aanbevelingen in gezondheid en ziekte in de praktijk toe te passen. De wasplaats liet hij ombouwen tot badhuis voor de dames en de koestal tot zwembad voor de heren. Daarnaast voorzag hij een ontspanningszaal voor de ligkuren, een gemeenschappelijke eetzaal en uiteraard meerdere slaapkamers. In 1892 kreeg hij van de staat de vergunning om een sanatorium uit te baten. Omdat hij zelf geen arts was, moest hij er een aanstellen en jaar na jaar kwamen er bij.

In zijn glorie tijd omvatte het Kuranstalt für naturgemäße Lebens- und Heilweise een luxueus hotel met alle toenmalige Wellness faciliteiten, openlucht zwembad en een omsloten tuin om naakt te zonnen. Daarnaast een nat gedeelte voor de waterkuren van Kneipp, een groot terras voor de ligkuren en ook Lufthütten om te overnachten onder de blote hemel. In 1911 zag Bilz op de Internationalen Hygiene-Ausstellung in Dresden een zwembad met kunstmatige golfslag staan en kocht het hydraulische wonder. In

die tijd was het een wereldsensatie van formaat en vandaag is het zwembad-met-golfslag nog steeds in gebruik.

Schloß Lößnitz

Het 7,5 hectaren groot domein werd nog fabelachtiger toen Bilz naast het Sanatorium een sprookjeskasteel bouwde met torentjes en balkonnetjes, het Schloß Lößnitz. Voor de onder-tussen honderden kuurgasten organiseerde hij er in de zomermaanden parkfeesten, wijnfeesten en openlucht concerten. Zo werd het sanatorium ook een centrum van culturele beleving in de meest ruime zin. In de bloeitijd kwamen jaarlijks 400 gasten voor korte of langere tijd een kuur nemen. Men kan zich voorstellen wat voor personeel daar moet rondgelopen hebben. Verpleegsters, dokters, masseurs, koks, badmeesters, tuiniers, was- en poetsvrouwen en een legertje bedienden. Selfmade man Friedrich Bilz zag het gezond-zijn wel heel groots.

In 1907 vatte hij zijn wereldbeeld samen in een vuistdikke en rijk geïllustreerde roman: *In hundert Jahren*. Daarin voert de sociaal geëngageerde Bilz met alles wat hij over politiek, religie, naaktcultuur, frenologie, chiromantie, spiritisme en vooral radiumstralen wist een toekomstige wereld op die het gelukzalige leven in het aardse paradijs benadert, net voor de zondeval. De cover windt er geen doekjes om.

Bilz-Brause

De naam en de faam van deze wellness goe-

roe avant-la-lettre verspreidde zich snel over Europa. Van overal uit binnen- en buitenland stroomden kuurgasten toe. En niet enkel kuurgasten maar ook zakenlui die van zijn bekendheid gebruik maakten om een graantje van het succes mee te pikken. Zo ondermeer de koopman Franz Hartmann die een alcoholvrije frisdrank kwam presenteren. Hartmann had het gebrouwen op basis van citroenen en inlandse vruchten en Bilz was enthousiast. Het speelde perfect in op het concept van wat hij ondergezonde voeding verstond. Het kwam eerst onder de naam Bilz-Limetta op de markt en werd vanaf 1902 Bilz-Brause genoemd. In 1906 werd het een wereldsucces als Sinalco (zonder alcohol).

Einde

Kort voor zijn tachtigste verjaardag stierf de grote en charismatische baanbreker in de natuurgeneeswijze, Friedrich Eduard Bilz. Zijn zoon, Arthur Ewald nam de leiding over tot ook hij in 1941 stierf. Daarna werd het kuuroord in beslag genomen door de Wehrmacht die het als Lazarett gebruikte. In 1945 trok het Rode Leger erin en werd het grotendeels verwoest.

Tja, Bilz had zich de toekomstige wereld wel héél anders voorgesteld.



Dr. Johan Van Robays
Anatomopatholoog



Dr. Jens Deckers: "Ondertussen hebben kosten-effectiviteitsstudies aangetoond dat ondanks de initieel hogere kostprijs van het implantaat, de totale kostprijs voor de gezondheidszorg lager ligt omwille van de kortere hospitalisatieduur en lagere complicatierate."

3D-PRINTING VOOR SCHEDELDAKPROTHESEN IN DE NEUROCHIRURGIE

Door 3D-printing is de reconstructie van het schedeldak tijdens neurochirurgische procedures de laatste jaren significant verbeterd.

We zijn nu immers in staat om zogenaamde Patient Specific Implants of PSI's in verschillende soorten biomaterialen te laten ontwerpen en vervaardigen op basis van de exacte schedelanatomie van de patiënt zelf.

De delen van de schedel die tot het werkdomein van de neurochirurg behoren, zijn het volledige schedeldak (frontaal (voorhoofd), pariëtaal (zijkant), occipitaal (achterhoofd), temporaal (slaap-regio)) en de bovenrand en het dak van de oogkassen.

Waar voorheen manueel geknede cementprothesen (PMMA (polymethyl-metacrylaat) of hydroxyapatiet), losse stukken bot, metalen grids of soms donorbot gebruikt werden om delen van de schedel te reconstrueren, laten we nu PSI's (customised implants, geïndividualiseerde implantaten) in verschillende soorten biomaterialen ontwerpen en vervaardigen.

Om deze exact af te stemmen op de schedelanatomie van de patiënt zelf, wordt gebruik gemaakt van speciale 3D-software waarbij de schedel gereconstrueerd kan worden op basis van verschillende principes. Bij unilaterale defecten kan het PSI ontworpen worden op basis van een digital subtraction mirror-imaging (DSMI) process, waarbij de normale kant van de schedel als het ware als model gebruikt wordt en vervolgens een perfect spiegelbeeld gecreëerd wordt. Bij bilaterale defecten kan enerzijds een voorafbestaande intacte scan gefusioneerd worden met een 3D-CT scan waarop het defect aanwezig is en kan het PSI ontworpen worden, opnieuw door digital subtraction imaging (DSI).

Tegenwoordig bestaat er ook meer en meer geavanceerde software die in staat is om de ideale 3D-contouren van de schedel te reconstrueren door gemiddelden te berekenen van verschillende parameters en dimensies. Op die manier kan in geval van het ontbreken van een voorafbestaande scan toch een quasi anatomisch perfect PSI ontworpen worden. PSI's kunnen niet enkel voor bestaande defecten ontworpen worden, maar kunnen tegenwoordig zelfs preoperatief ontworpen worden voor bvb. een geplande resectie van een deel van de schedel (zie verder).

PSI's kunnen in verschillende soorten biomaterialen ontworpen worden. In de

Dr. Jens Deckers: "De belangrijkste indicaties voor het gebruik van Patient Specific Implants zijn reconstructies na schedeltrauma's, infecties van het bot of tumorchirurgie. In zeldzame gevallen ook aangeboren schedelafwijkingen."



1. 3D CT van gedeeltelijke resorptie van een botluik na decompressieve hemicraniëctomie en PSI in PEEK. **2.** Botluikinfectie met noodzaak tot verwijdering ervan na aneurysma-chirurgie en 3D planning van het PSI.

neurochirurgie wordt meestal gebruik gemaakt van PEEK (PolyEtherEtherKeton) of bio-ceramisch hydroxyapatiet, maar andere materialen zoals Ti6Al4V ELI (een titanium legering), UHMWPE (Ultra High Molecular Weight Poly-Ethylene) of in de nabije toekomst PMMA kunnen ook in 3D-printing toepassingen gebruikt worden. De belangrijkste verschillen tussen de biomaterialen onderling situeren zich op vlak van sterkte, stijfheid, biocompatibiliteit, porositeit, al dan niet transparant zijn, osteo-integratie (uiteindelijk botingroei in de prothese) en natuurlijk kostprijs.

De belangrijkste indicaties voor het gebruik van PSI's zijn reconstructies na schedeltrauma's, infecties van het bot of tumorchirurgie. In zeldzame gevallen zijn aangeboren schedelafwijkingen of complexe craniosynostosen (schedelmisvormingen door te vroeg verbe-

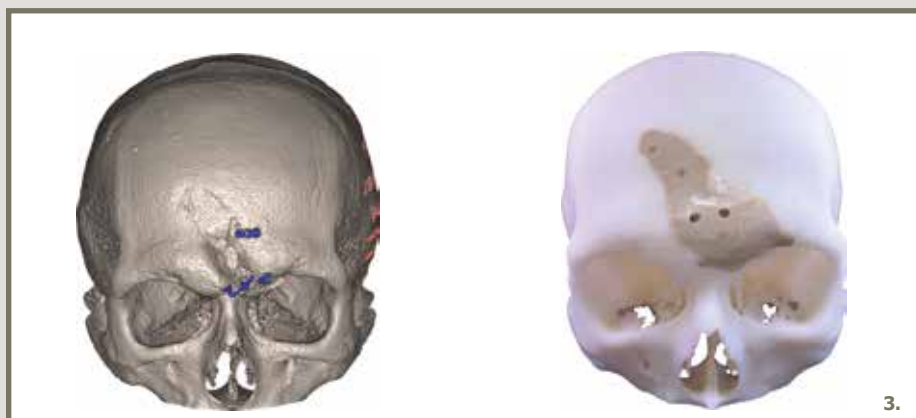
nen van één of meerdere schedelnaden) de reden om een custom prothese te gebruiken.

Bij schedeltrauma's kan enerzijds het schedelbot zelf zo zwaar aangetast zijn (impactiefRACTuur, open fractuur, multifragmentaire fractuur) dat er niets anders opzit dan deze botdelen allemaal te verwijderen. Dit defect dient dan achteraf gereconstrueerd te worden. Anderzijds wordt tegenwoordig bij zware hersentrauma's, waarbij de druk in de hersenen oncontroleerbaar hoog oploopt, frequent een zogenaamde decompressieve hemicraniëctomie (unilateraal of bilateraal) uitgevoerd: hierbij wordt quasi de volledige zijkant van het schedelbot tijdelijk weggenomen om de beschadigde delen van de hersenen de mogelijkheid te geven onderhuids buiten de contouren van de schedel te zwellen zonder dat de druk binnenin te hoog oploopt en andere nog gezonde hersendelen hierdoor ook

beschadigd geraken. Het eigen schedeldak wordt dan tijdelijk steriel bewaard. Achteraf wordt dan in principe dit eigen schedeldak teruggeplaatst, maar complicaties zoals infecties of resorptie (vroegtijdig of soms maanden of jaren later) kunnen ertoe leiden dat dit spijtig genoeg opnieuw verwijderd dient te worden en definitief verloren is, zodat een toevlucht tot een PSI genomen moet worden.

Bij infecties van de huid en/of het botluik na een electieve neurochirurgische operatie, kan hetzelfde gebeuren, namelijk het onbruikbaar worden van het eigen bot en de noodzaak tot het gebruik van een implantaat.

Tot slot kan bij tumorchirurgie waarbij op voorhand geweten is dat een deel van het bot aangetast is en verwijderd dient te worden, een preoperatieve (virtuele) simulatie van het weg te nemen schedelbot gemaakt



3. Posttraumatische indeukingsfractuur frontaal met persisterend defect ondanks initiële reconstructie en PSI in PEEK. **4.** One-stage resectie van een deels intracranieel en deels intra-osseus meningioma met preoperatieve simulatie van het aangetaste bot en contouren van het botluik, ontwerp van de custom zaagmal die peroperatief gebruikt wordt om perfect het botluik te maken en het bot weg te nemen, finale (2-delig) PSI in PEEK wat tijdens dezelfde operatie kan geplaatst worden.

worden. Vervolgens wordt niet enkel een PSI ontworpen wat perfect met het geplande defect overeenstemt maar ook een custom cutting guide (zaagmal) die ervoor zorgt dat de chirurg tijdens de ingreep perfect het geplande deel van de schedel kan uitzagen en vervolgens tijdens dezelfde operatie het PSI kan implanteren.

Het ontwerpen en produceren van een PSI is een intensieve en relatief dure aangelegenheid. Gemiddeld bedraagt de kostprijs per implantaat zo'n 8000 euro en de snelste producenten vragen toch nog altijd een 3-tal weken vooraleer het implantaat geleverd kan worden. De terugbetaling van zo'n PSI moet speciaal aan de adviserend geneesheer van de mutualiteit van de patiënt aangevraagd worden met behulp van een omstandig medisch verslag en een protocol van de uitgevoerde scan. De aanvraag wordt ook onderworpen

aan enkele voorwaarden: "het implantaat moet gebruikt worden om een deel van het schedelbot te vervangen ten gevolge van een ongeval, een tumor, een infectie of elke andere oorzaak verantwoordelijk voor een bottekort of voor de schedelreconstructie in het kader van vervormingen of craniosynostosen door aangeboren ziekten, op voorwaarde dat het bottekort dat moet worden opgevuld groter is dan 35 cm² of dat de grootste diameter van het bottekort groter of gelijk is aan 10 cm. Die grootste diameter kan tot 5 cm worden verkleind als het op te vullen bottekort zich ter hoogte van het aangezicht voordoet of als de patiënt nog niet volgroeid is."

Conclusie

Het aanwenden van 3D-printing om PSI's te ontwikkelen in de neurochirurgie betekent een belangrijke technologische vooruitgang met bijkomend nog verschillende voordelen:

de duurtijd van de operatie wordt drastisch verminderd met daaraan gekoppeld lager infectierisico en andere chirurgische/anesthesiologische peri-operatieve complicaties (minder bloedverlies, geen donor-site problemen, kortere hospitalisatieduur, ...) en het esthetisch resultaat is eveneens optimaal. Ondertussen hebben al enkele kosten-effectiviteitsstudies aangetoond dat ondanks de initieel hogere kostprijs van het implantaat, de totale kostprijs voor de gezondheidszorg en dus de gemeenschap lager ligt omwille van de kortere hospitalisatieduur en lagere complicatierate waardoor achteraf minder revisie-ingrepen nodig blijken te zijn.

Dr. Jens Deckers
neurochirurg

Prof. dr. Johan Bellemans: "3D-computertechnologie vindt zijn intrede bij heel wat orthopedische ingrepen. De orthopedische chirurgie tracht meer en meer persoonsgebonden oplossingen te vinden voor zowel standaardbehandelingen als complexe problemen."



3D-PRINTING IN DE ORTHOPEDIE: 'FACT OR FICTION'?

Driedimensionale computertechnologie heeft meer en meer zijn intrede gedaan in heel wat orthopedische ingrepen. De orthopedische chirurgie tracht meer en meer persoonsgebonden oplossingen te vinden zowel voor standaard behandelingen als voor sommige complexe problemen. De dienst Orthopedie van het ZOL streeft ernaar om deze innovatieve technologieën op een wetenschappelijk correcte manier te introduceren en te evalueren in de dagelijkse praktijk.

Er zijn tal van orthopedische toepassingsmogelijkheden van de 3D-printing. Het grote voordeel van de 3D-printing technologie is dat het de chirurg een perfect inzicht geeft in soms complexe situaties zoals een verkeerde stand van het onderbeen of een breuk van de pols die in een niet-optimale stand is vastgegroeid. Soms presenteren patiënten zich met een heupprothese die jaren perfect heeft gefunctioneerd maar die door slijtage ernstige botdefecten heeft veroorzaakt. In dergelijke situaties kan via 3D-printing een model gemaakt worden om het defect goed te begrijpen maar kunnen ook zelfs op maat gemaakte prothesen worden gebruikt om het botdefect te behandelen. Ten slotte kan deze technologie ons ook helpen om meer gestandaardiseerde procedures zoals een heup- of een knieprothese nog accurater uit

te voeren. Het grote nadeel van dergelijke technologieën is de hoge kostprijs.

In dit artikel geven we een overzicht van de ervaringen van onze dienst met deze innovatieve technologie. We overlopen de toepassingen in de behandeling van orthopedische heup-, knie- en bovenste lidmaat problemen.

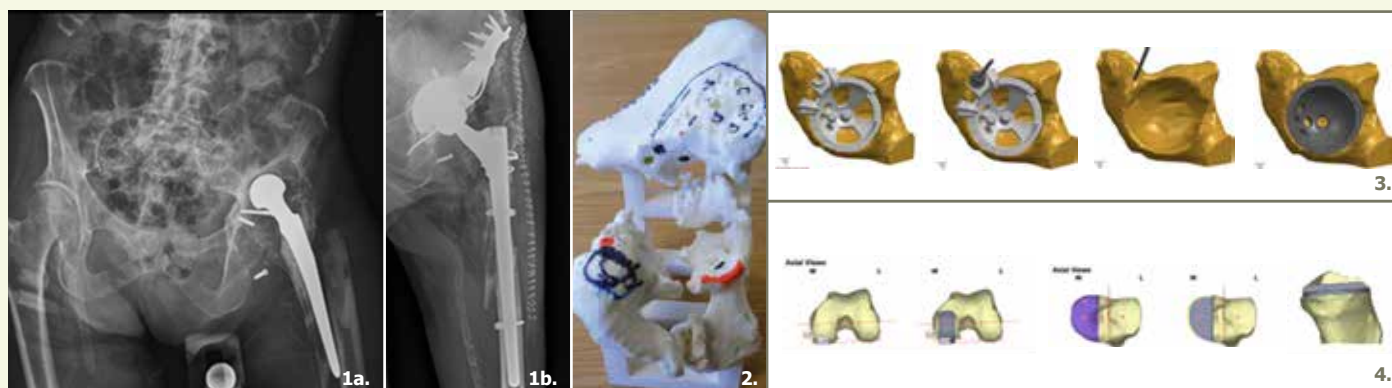
Heup- en bekkenchirurgie

Onze dienst is gespecialiseerd in de spiersparende behandeling van aandoeningen van het heupgewricht en het bekken. Dit maakt het mogelijk om complexe en meer gestandaardiseerde problemen op te lossen zonder dat er spierschade optreedt. Een belangrijk voordeel hiervan is dat de spieren de nodige ondersteuning aan het botweefsel kunnen blijven geven. De recuperatie van de

patiënt en de recuperatie van het aangetaste bot worden hierdoor bevorderd.

Complexe heuprevisies

We hebben een belangrijke expertise opgebouwd in het behandelen van patiënten die reeds meerdere operaties ondergingen na het falen van hun heupprothese. Een heupprothese kan omwille van verschillende oorzaken falen maar een van de belangrijkste redenen is het aantasten van het bot door debris van het plastic oppervlak van het kommetje van de prothese (Figuur 1). De botdefecten kunnen soms zeer groot en complex zijn. We nemen dan verschillende scans die het mogelijk maken om een 3D-afdruk van het defect te maken. Hierdoor kan de operatie beter gepland worden en kunnen we tijdens de operatie zelfs een betere



Figuur 1. (a) Deze dame van 83 jaar heeft een zeer uitgebreid botdefect in het linker bekken en bovenbeen ten gevolge van het debris van de heupprothese die 20 jaar geleden werd geplaatst. Door de 3D-printing technologie konden we een goed beeld creëren van het defect en kon de operatie goed gepland worden zodat de juiste componenten konden worden geplaatst. **(b)** De operatie werd volledig spiersparend uitgevoerd om de stabiliteit van de prothese te optimaliseren en de nutritie van het bot minimaal te beschadigen. De recuperatie van de patiënt werd hierdoor eveneens beter ondersteund. **Figuur 2.** Een 3D print van een hemi-pelvis laat toe om een goed inzicht te krijgen in de resterende bot kwaliteit (Bron: Orthopedics 2013;36:e260-65) **Figuur 3.** Op basis van scans wordt een vorm van het bekken kommetje bepaald. Hiervan wordt een 3D-model (links) geprint dat de chirurg dan tijdens de operatie (midden) kan gebruiken om de accuraatheid van de positionering van het kommetje van de heupprothese te verbeteren en te checken (rechts) (Signature, Biomet). **Figuur 4.** Een voorbeeld van een virtuele simulatie van het plaatsen van een uni-condylaire knieprothese op basis waarvan de chirurgische instrumentatie wordt geprint. Deze instrumentatie wordt tijdens de operatie gebruikt zodat de simulatie de chirurg helpt om op een meer accurate wijze de operatie uit te voeren.

inschatting hebben van het resterende bot om zodoende de meest optimale oplossing te zoeken (Figuur 2). Het is zelfs zo dat voor de operatie op maat gemaakte prothesen besteld kunnen worden om dergelijke complexe defecten te behandelen. Dit is echter zeer uitzonderlijk.

Standaard heup prothesen

Bij het plaatsen van een standaard heupprothese proberen we de componenten zo accuraat mogelijk te plaatsen. Een van de grote voordelen van de spiersparende methode is dat de patiënt op de rug ligt tijdens de procedure en dat we reeds enorme vooruitgang gemaakt hebben in de voorspelbaarheid van de positionering van de prothesecomponenten. Het belangrijkste gevolg hiervan is dat de kans op ontwrichting verminderd is tot 0,2% terwijl dit met de meer conventionele technieken tussen de 1% en 3% is. We trachten intussen de positionering van de componenten nog verder te optimaliseren. We onderzoeken momenteel het gebruik van pre-operatieve 3D-printing technologie om dit te verwezenlijken. Op basis van scans kunnen we voor de operatie de meest optimale componentpositie bepalen door de anatomie van de patiënt te analyseren (Figuur 3). De 3D-printing technologie heeft heel wat potentiële voordelen zoals het goed

voorbereiden van de operatie, het aanpassen van de positionering van de componenten op maat van de anatomie van de patiënt en het checken van de accuraatheid van de uitvoering tijdens de operatie. De technologie is echter momenteel nog in een onderzoek stadium en moet nog de nodige validatie processen ondergaan. Onze dienst is bij dit onderzoek nauw betrokken.

**Prof. dr. Kristoff Corten en
dr. Ronald Driesen**

orthopedisch chirurgen, Hip Unit

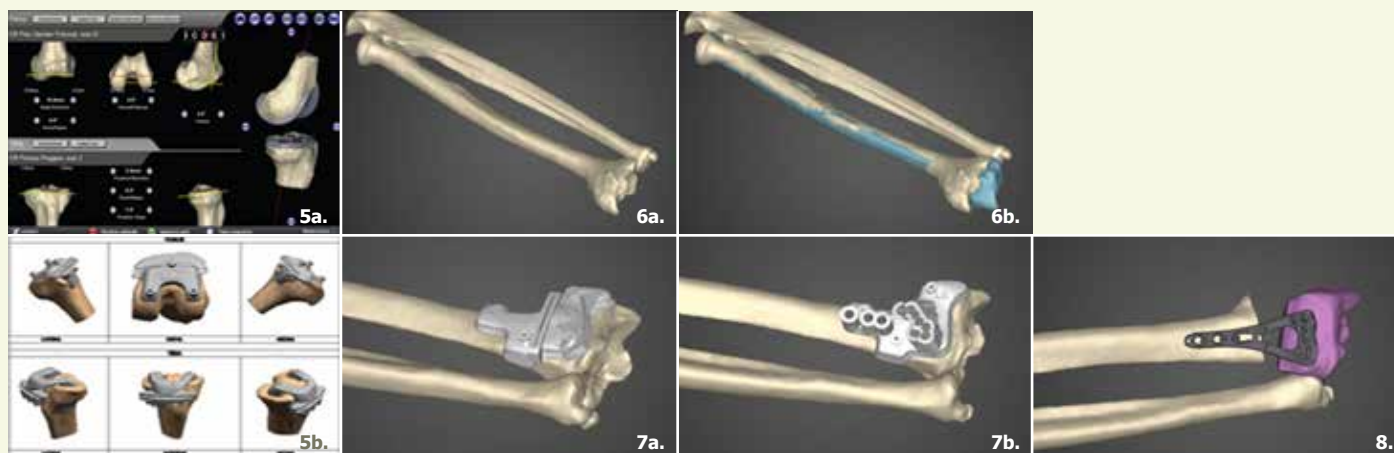
Kniechirurgie

Daar waar 3D-printing in de heup voornamelijk zijn toepassing vindt bij complexe defect-reconstructies, is de accurate reconstructie van de driedimensionale geometrie van het kniegewricht van groot belang. De complexe kinematica van de knie is namelijk voor een groot deel gestuurd vanuit deze complexe geometrie, die bovendien zeer patiëntspecifiek is. Moderne beeldvorming laat een accurate simulatie van de pre-pathologische gewrichtsgeometrie toe. Deze patiëntspecifieke simulatie is een cruciaal hulpmiddel om een optimaal postoperatief resultaat na prothese- of alignementschirurgie te kunnen nastreven.

Verschillende commerciële programma's laten een 3D-simulatie toe. Op basis hiervan worden dan patiënt-specifieke 3D-modellen geprint. Deze maken het mogelijk voor de chirurg om de protheseplaatsing of correctieve osteotomie optimaal te verrichten. In de praktijk betekent dit dat de patiënt voorafgaand een CT-scan, NMR-scan en eventueel een belaste full leg opname dient te ondergaan, op basis van welke een 3D-beeld van de pathologische conditie wordt gecreëerd. Op dit beeld gebeurt dan een virtuele reconstructie door de chirurg met behulp van specifieke correctie-software (Figuur 4). De chirurg voert de operatie als het ware virtueel uit en op basis van deze informatie wordt een patiëntspecifieke instrumentatie vervaardigd met behulp van 3D-printing (Figuur 5).

Vandaar dat vandaag in het ZOL patiënten voorafgaand aan hun knie-ingreep soms een bijkomende CT- en/of NMR-scan moeten laten uitvoeren. Dit gebeurt vooral wanneer het complexe geometrische deformaties betreft die met de conventionele methodologie onvoldoende betrouwbaar kunnen worden benaderd.

**Prof. dr. Johan Bellemans,
dr. Jan Truijten en dr. Jan Oosterbosch**
orthopedisch chirurgen, Knie Unit



Figuur 5. Ook voor het plaatsen van totale knieprothesen kan de pre-operatieve simulatie **(a)** zeer hulpvol zijn om dan op basis van de 3D-geprinte cutting blocks de prothese op een meer accurate wijze te plaatsen. **Figuur 6.** **(a)** Dit is een 3D-reconstructie van een breuk van de rechter pols. De breuk in het spaakbeen is duidelijk. **(b)** Om de afwijking op een driedimensionale wijze in te schatten, werd de scan van de linker bovenarm geprojecteerd over deze van de rechter bovenarm. Het verschil tussen beide is te zien onder de vorm van de blauwe verkleuring. Deze verkleuring geeft een inschatting van wat we wensen te bereiken. **Figuur 7.** Na de simulaties die door de chirurg werden uitgevoerd, werd een 3D-model voorbereid dat enerzijds een aanduiding geeft van de plaats van de zaagvlakken **(a)** en de plaat die zal aangebracht worden om de osteotomie op de correcte plaats te houden **(b)**. **Figuur 8.** De plaat werd op maat gemaakt en houdt het bot exact op de plaats waar de chirurg het wenst om zo het meest optimale resultaat te bekomen.

Bovenste lidmaat

Polsfracturen behoren tot de meest voorkomende breuken in de orthopedische praktijk. De komst van anatomisch gevormde osteosynthese platen, gecombineerd met hoekstabiele schroeven, heeft sinds het jaar 2000 een revolutie veroorzaakt in de behandeling van deze breuken. Met deze systemen kunnen ook complexe fracturen in zwak osteoporotisch bot perfect worden gereduceerd en oefenstabil worden gefixeerd. Dit betekent dat de fractuur eigenlijk voldoende stabiel is om zo snel mogelijk volledige beweeglijkheid toe te laten. Dit heeft als grote voordeel dat het polsgewricht minder kans op verstijving heeft en de zwelling van de arm ook meer beperkt wordt. De recuperatie van kracht en beweeglijkheid wordt dus bevorderd.

Ondanks deze dynamische behandelingsmogelijkheden worden we soms geconfronteerd met breuken die geheeld zijn in een niet-optimale stand. Afhankelijk van de ernst van de misvorming kan dit gepaard gaan met een scheefstand van de pols, een verminderde mobiliteit en pijn. Een correctie is dan mogelijk door de normale gewrichtsverhoudingen te herstellen. Het bot dient dan op de plaats van de vroegere breuk te worden doorgezaagd (osteotomie), gevolgd door een reductie en fixatie in de juiste, dynami-

sche stand. Bij dergelijke complexe situaties zijn gewone radiografische opnames onvoldoende om accuraat deze operatie voor te bereiden. Het betreft immers 3-dimensionale afwijkingen die ook een driedimensionale simulatie vragen om een goed inzicht in de correctie te bekomen. Om deze simulaties uit te voeren, vergelijken we de 3D-anatomie van beide polsen op basis van computertomografie (CT-scans) (Figuur 6).

Met speciale software kan de operatie worden gesimuleerd tot wanneer een perfect symmetrisch resultaat bekomen wordt. Op basis van deze computersimulatie wordt dan met 3D-printing een patiëntspecifiek instrumentarium gemaakt dat tijdens de operatie gebruikt wordt. Dit laat toe om enerzijds het zaagvlak en anderzijds de plaat en schroeven op de perfecte plaats te positioneren (Figuur 7). De plaat wordt op maat van de patiënt gemaakt om het meest accurate resultaat te bekomen (Figuur 8).

Deze instrumenten zijn maatwerk voor de patiënt met zijn of haar specifieke probleem omdat de vorm van het bot en het type breuk telkens verschillend zijn. Het spreekt voor zich dat met deze techniek uiterst nauwkeurige en complexe correcties mogelijk zijn die tot voorheen onmogelijk waren.

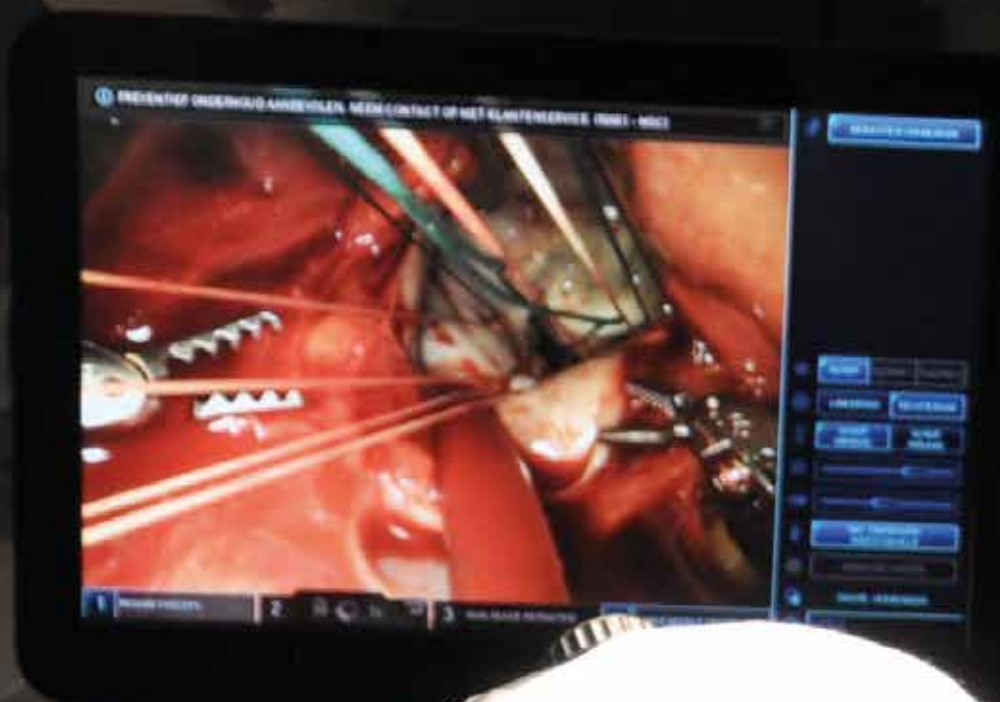
Conclusie

De driedimensionale technologie maakt het, met behulp van innovatieve software, mogelijk voor de chirurg om een accuraat inzicht te krijgen in bepaalde complexe problemen. 3D-printing laat toe om een virtuele operatie om te zetten naar een meer accurate uitvoering van bepaalde gestandaardiseerde en complexe operaties. Deze innovatieve technologie wordt in onze dienst op een wetenschappelijk verantwoorde manier onderzocht en geïmplementeerd in de dagelijkse praktijk. Er dienen echter nog validatieprocessen te worden doorlopen maar patiënt- en probleemspecifieke oplossingen zijn reeds een belangrijk hulpmiddel in onze orthopedische praktijk.

Dr. Joris Duerinckx

orthopedisch chirurg, Upper Limb Unit

4



Dr. Herbert Gutermann: "Ook in de hartchirurgie kwam de vraag naar minder invasieve toegangswegen, met de bedoeling een sneller herstel, een korter verblijf in het ziekenhuis en een beter cosmetisch resultaat te bereiken."

ROBOT-GEASSISTEERDE CARDIOCHIRURGIE VAN START

Op 25 juni 2014 is de dienst Cardiochirurgie gestart met het gebruik van de da Vinci (Intuitive Surgical®) operatierobot. Ondertussen zijn er negen ingrepen verricht met mooi resultaat. Voorlopig wordt de da Vinci gebruikt bij twee types van hartingrepen: revascularisatieoperaties waarbij enkel de voorzijde van het hart dient overbrugd te worden, en het herstel van de mitralis- en tricuspidklep.

Robot-geassisteerde MIDCAB

(minimal invasive direct coronary artery bypass grafting)

Wanneer enkel de voorzijde van het hart dient gerevasculariseerd te worden, wordt de linker arteria mammaria vrij gedissecteed met de da Vinci waarbij 3 kleine incisies gemaakt worden voor de robotarmen. Vervolgens wordt via een kleine anterolaterale thoracotomie deze arteria mammaria onder direct zicht op het kloppende hart genaaid (off-pump). Het grote voordeel van de robot is dat deze arteria mammaria over de volledige lengte kan worden vrijgeprepareerd en nadien voor bescherming onder de long wordt gelegd, net zoals bij klassieke open chirurgie. Dit is heel belangrijk voor een eventuele latere (klep)hersteloperatie. De voordelen van

deze ingreep zijn minder pijn, een sneller herstel en een beter cosmetisch resultaat¹.

Mitralisklepherstel versus -vervanging

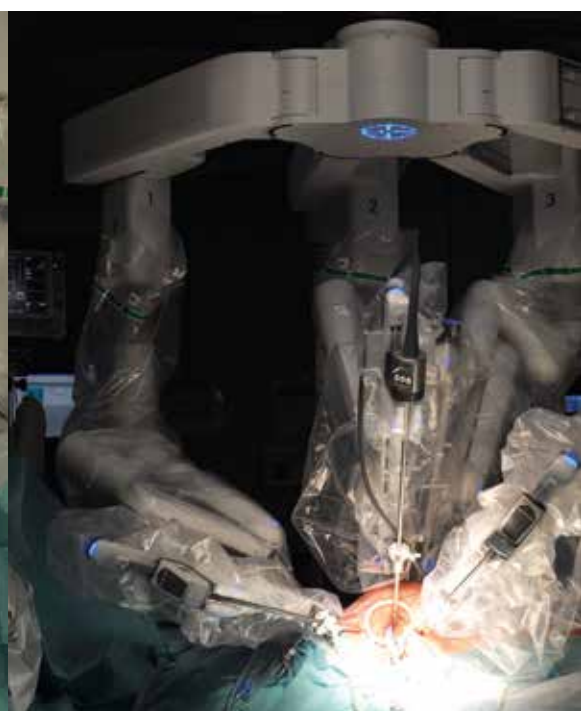
De voordelen van klepherstel ten opzichte van klepvervanging in degeneratief mitraliskleplijden zijn reeds meer dan 20 jaar bekend en uitvoerig wetenschappelijk onderbouwd^{2,3}. Ook de principes en technieken van een goed en duurzaam klepherstel zijn reeds lang bekend en werden voor het eerst beschreven door prof. A. Carpentier in zijn paper 'The French Correction' in 1983⁴. Sindsdien zijn deze technieken wat verfijnd, maar de basisprincipes zijn steeds constant gebleven. Belangrijk is dat deze technieken zich afspelen zowel op niveau van de klepblaadjes als op niveau van het subvalvulaire apparaat (chordae en papillairespijeren).

In 2001 werden de langetermijnresultaten van deze technieken gepubliceerd met een overleving gelijk aan die van een normale populatie en een zeer laag percentage heroperaties na 20 jaar (4,6%)⁵.

Door onze dienst worden 95% van de niet-reumatische mitraliskleppen hersteld, tot op heden voornamelijk via klassieke sternotomie. Een dergelijk hoog percentage klepherstel is namelijk enkel mogelijk als het volledige armamentarium van hersteltechnieken kan gebruikt worden⁶. Bovendien garandeert dit herstel met de klassieke Carpentier-technieken een duurzaam resultaat op zeer lange termijn.

Minimaal invasief klepherstel Endoscopie

Net als in de meeste chirurgische discipli-



nes kwam ook in hartchirurgie de vraag naar minder invasieve toegangswegen, met de bedoeling een sneller herstel en beter cosmetisch resultaat te bereiken. Verschillende centra zijn om die reden overgeschakeld naar een endoscopische benadering van de mitralisklep. Een belangrijke tekortkoming van deze techniek is echter het gebrek aan dieptezicht waardoor de hersteltechnieken onder de klep moeilijker kunnen toegepast worden. Bovendien wordt gewerkt met dezelfde instrumenten als in klassieke chirurgie, alleen vier keer langer, met een scharnierpunt ter hoogte van de schouders of armen van de chirurg, ver weg van de mitralisklep. Dit alles zorgt voor een belangrijk toegenomen technische complexiteit met zeer langdurige leercurve. Een belangrijk gevolg is dat de 'klassieke' hersteltechnieken omwille van technische beperkingen werden verlaten en nieuwe gesimplificeerde technieken ontwikkeld werden⁷.

Robotchirurgie

Met de da Vinci chirurgische robot is het echter een volledig ander verhaal: op de tip van de scoop zitten namelijk twee camera's, één voor het linkeroog van de chirurg en één voor het rechteroog. Op deze wijze wordt een echt dieptezicht gecreëerd, met een haarscherp beeld (HD) dat tot tien keer kan ingezoomd worden.

Bovendien zitten de gewrichtjes op de instrumenten op enkele centimeters van de tip met een beweeglijkheid die groter is dan de menselijke pols. De nauwkeurigheid van de bewegingen is zo groot dat nu wel alle klassieke Carpentier-technieken uit de open chirurgie kunnen gebruikt worden, met dus een voorspelbaar duurzaam resultaat op lange termijn.

Net om deze reden is de meerderheid van de grote cardiochirur-



Nieuwe generatie operatierobots

Zopas hebben we onze nieuwe operatierobot aan de pers voorgesteld. Het gaat om de da Vinci Xi van Intuitive Surgical, de nieuwste generatie van operatierobots die heel wat meer mogelijkheden heeft dan het vorige model. Het toestel maakt een meer multidisciplinaire aanpak mogelijk en beschikt over een fluorescerend licht waardoor details zichtbaar worden in het operatiegebied die met het blote oog niet waargenomen kunnen worden.

De robot wordt op dit ogenblik al gebruikt door de urologen, de cardiochirurgen en de gynaecologen. Begin februari zullen ook de abdominale chirurgen starten. De robot wordt specifiek ingezet voor complexe ingrepen waarbij er steeds een meerwaarde is voor de patiënt ten opzichte van de klassieke techniek. De voordelen zijn groot: minimaal invasief, minder bloedverlies, minder post-operatieve pijn, kortere hospitalisatie en minder opnamen op Intensieve Zorgen. Daarbij kan de chirurg preciezer werken omwille van het dieptezicht en de fijnere instrumenten.

gische centra in de VS (Cleveland Clinic, Mayo Clinic, Houston, Atlanta, Columbia NY, Greenville NC,...) voor hun minimaal invasief mitralisklepprogramma al enkele jaren volledig overgeschakeld op de da Vinci robot^{8,9,10}.

Leercurve

Alleen al het zeer intuïtieve karakter van de bediening van de da Vinci robot maakt de leercurve korter. Verder hebben we met het ganse team van chirurgen, anesthesisten, perfusionisten en verpleegkundigen een uitgebreide training gevolgd in België, maar vooral in een gespecialiseerd opleidingscentrum in de VS (Prof. Chitwood, East Carolina Medical Center, Greenville, NC). Bovendien werken we nauw samen met het team van de UCL (Cliniques universitaires Saint-Luc, Brussel), waardoor we direct op hoog niveau zijn kunnen starten en de leercurve aanzienlijk werd ingekort. Ook onze cardioanesthesisten

hebben een uitgebreide training gevolgd en zijn een belangrijke ondersteuning geweest in de uitbouw van dit programma. Ons ziekenhuis is tevens bereid geweest om te investeren in twee consoles: dit laat toe dat twee chirurgen samen opereren, wat ideaal is om training te geven of verder te trainen.

In het eerste jaar zullen we ongeveer 10% van onze degeneratieve mitraliskleppen behandelen met de robot, maar dit aantal zal zeer snel stijgen en we zijn overtuigd dat binnen enkele jaren 90% van de patiënten met een degeneratieve mitralisklepinsufficiëntie een robot-geassisteerd herstel zullen krijgen.

Voordelen van robot-geassisteerd mitralisklepherstel en financiële implicaties

De kwaliteit en duurzaamheid van een robot-geassisteerd mi-

Dr. Herbert Gutermann: "Ondertussen beschikken we in het ZOL over de nieuwste generatie operatierobot (da Vinci Xi) en op 5 december heeft ons team het eerste mitralisklepherstel in Europa uitgevoerd met dit nieuwe platform. De voordelen van deze Xi ten opzichte van de vorige generatie zijn groot. En vooral, heel wat ontwikkelingen die nu in de pijplijn zitten, zullen toegepast worden in deze nieuwe generatie."

tralisklepherstel is evenwaardig aan een klassiek herstel via sternotomie. Bovendien biedt het inderdaad de voordelen van een minder invasieve toegangsweg: minder bloedverlies, en een korter verblijf op intensieve zorgen en in het ziekenhuis^{8,9}. De revalidatie is beduidend korter met een sneller functioneel herstel, en uiteraard is er een duidelijk cosmetisch voordeel.

Een veel gehoorde kritiek is de hoge kostprijs van deze technologie. Als we de aankoopprijs buiten beschouwing laten, wordt met de nodige ervaring de ingreep kosten-neutraal in vergelijking met klassieke open chirurgie. Op grote series in de VS is namelijk aangetoond dat de meerprijs van de instrumenten en de iets langere (dure) operatietijd volledig worden geneutraliseerd door het verminderde bloedverlies en het kortere

verblijf op intensieve zorgen en in het ziekenhuis¹¹.

Da Vinci Xi

Ondertussen beschikken we in het ZOL over de nieuwste generatie operatierobot (da Vinci Xi) en op 5 december heeft ons team het eerste mitralisklepherstel in Europa uitgevoerd met dit nieuwe platform.

De voordelen van deze Xi ten opzichte van de vorige generatie zijn groot: de armen zijn langer en slanker wat zorgt voor minder conflict tussen de armen onderling, het installeren van de robot over de patiënt is eenvoudiger wat een belangrijke reductie in operatietijd betekent, en de camera kan in elk van de vier armen geïnstalleerd worden. En vooral, heel wat nieuwe ontwikkelingen die nu in de pijplijn zitten, zullen toegepast worden in deze nieuwe generatie:

beeldvorming zal onmiddellijk in de console geprojecteerd worden, door fluorescentie-technieken kan de chirurg in real-time de bloedvoorziening beoordelen, er komt een intelligent mes dat tumorweefsel van gezond weefsel kan onderscheiden,...

Onze dienst is dan ook zeer dankbaar dat de directie van ons ziekenhuis en onze collega-artsen (medische raad) bereid waren een dergelijke, zware financiële inspanning te leveren: het voordeel voor de patiënt is nu reeds in belangrijke mate aanwezig, maar zal met de verdere ontwikkeling van deze technologie in de toekomst alleen maar toenemen.

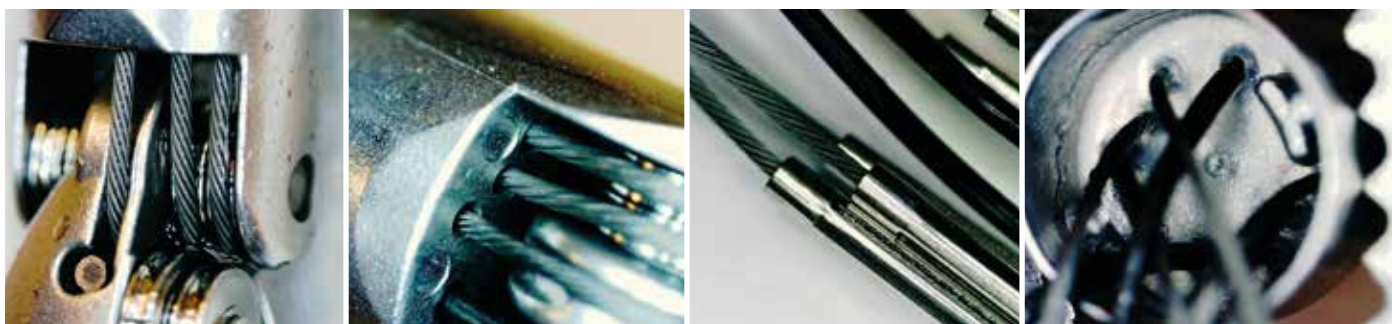
Dr. Herbert Gutermann
Cardiochirurg

Referenties:

1. Lapiere H, Chan V, Sohmer B, Mesana TG, Ruel M. Minimally invasive coronary artery bypass grafting via a small thoracotomy versus off-pump: a case-matched study. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2011 Oct;40(4):804-10.
2. Enriquez-Sarano M, Schaff HV, Orszulak TA, Tajik AJ, Bailey KR, Frye RL. Valve repair improves the outcome of surgery for mitral regurgitation. A multivariate analysis. *Circulation* 1995;91:1022-26
3. Tribouilloy CM, Enriquez-Sarano M, Schaff HV, Orszulak TA, Bailey KR, Tajik AJ, Frye RL. Impact of preoperative symptoms on survival after surgical correction of organic mitral regurgitation: rationale for optimizing surgical indications. *Circulation*.1999 Jan 26;99(3):400-5.
4. Carpentier A. Cardiac valve surgery—the "French correction". *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1983 Sep;86(3):323-37.
5. Braunberger E, Deloche A, Berrebi A, Abdallah F, Celestin JA, Meimoun P, Chatellier G, Chauvaud S, Fabiani JN, Carpentier A. Very long-term results (more than 20 years) of valve repair with carpentier's techniques in nonrheumatic mitral valve insufficiency. *Circulation.* 2001 Sep 18;104(12 Suppl 1):18-11.
6. Castillo JG, Anyanwu AC, Fuster V, Adams DH. A near 100% repair rate for mitral valve prolapse is achievable in a reference center: implications for future guidelines. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2012 Aug;144(2):308-12.
7. Kuntze T, Borger MA, Falk V, Seeburger J, Girdauskas E, Doll N, Walther T, Mohr FW. Early and mid-term results of mitral valve repair using premeasured Gore-Tex loops ('loop technique'). *Eur J Cardiothorac Surg.* 2008 Apr;33(4):566-72
8. Suri RM, Burkhardt HM, Daly RC, Dearani JA, Park SJ, Sundt TM 3rd, Li Z, Enriquez-Sarano M, Schaff HV. Robotic mitral valve repair for all prolapse subsets using techniques identical to open valvuloplasty: establishing the benchmark against which percutaneous interventions should be judged. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2011 Nov;142(5):970-9.
9. Nifong LW, Rodriguez E, Chitwood WR Jr. 540 consecutive robotic mitral valve repairs including concomitant atrial fibrillation cryoablation. *Ann Thorac Surg.* 2012 Jul;94(1):38-42.
10. Mihaljevic T, Koprivanac M, Kelava M, Goodman A, Jarrett C, Williams SJ, Gillinov AM, Bajwa G, Mick SL, Bonatti J, Blackstone EH. Value of robotically assisted surgery for mitral valve disease. *JAMA Surg.* 2014 Jul;149(7):679-86
11. Suri RM, Thompson JE, Burkhardt HM, Huebner M, Borah BJ, Li Z, Michelena HI, Visscher SL, Roger VL, Daly RC, Cook DJ, Enriquez-Sarano M, Schaff HV. Improving affordability through innovation in the surgical treatment of mitral valve disease. *Mayo Clin Proc.* 2013 Oct;88(10):1075-84.

ZORGVULDIGE EN GEAUTOMATISEERDE REPROCESSING VAN DA VINCI ROBOT INSTRUMENTARIUM

Het grondig reinigen op een gevalideerde wijze van de relatief complexe en lange robotinstrumenten is een uitdaging: bloed kan tijdens de procedures immers in de lange schachten komen. Dit kan enkel door spoelen verwijderd worden.



Op dit ogenblik worden in veel centra de robotinstrumenten nog volledig handmatig gereinigd. De procedure die leverancier Intuitive Surgical hiervoor voorschrijft, is relatief ingewikkeld en intensief qua tijdsbesteding. Een volledige handmatige reiniging brengt een aantal risico's met zich mee: gebrek aan reproduceerbaarheid, problemen met traceerbaarheid, moeilijke procesbewaking,...

In het ZOL is beslist om gelijktijdig met de aanschaf van de robot te investeren in een geautomatiseerd systeem van voorreiniging, reiniging en desinfectie van de robotinstrumenten.

De volledige reiniging en desinfectie van de robotinstrumenten kan als volgt samengevat worden:

1. Eerste manuele voorreiniging en doorspoeling van de vochtig gehouden instrumenten: verwijdering uitwendige bevulling.
2. De instrumenten worden in een geautomatiseerde ultrasoonbak geplaatst in een op maat gemaakte mand voor de robotinstrumenten. De holle instrumenten ondergaan hierin gedurende een half uur een proces van schoontrillen en doorspoelen.
3. Manuele tussenreiniging en controle.
4. Nadat de instrumenten uitwendig visueel zuiver bevonden zijn, worden de robotinstrumenten op de daarvoor speciaal voorziene robotwagen in het Miele was- en desinfectie toestel geplaatst. De instrumenten ondergaan daarin nog eens gedurende ruim een uur het volledig gevalideerde Robotvario Plus programma: dit zorgt voor een gestandaardiseerde reiniging (in- en uitwendig).
5. De reiniging en desinfectie wordt afgesloten met een controle onder de microscoop door een medewerker van de centrale sterilisatie-afdeling.

Zo realiseert het ZOL een gevalideerde en reproduceerbare reiniging en desinfectie van het robotinstrumentarium.

De sterilisatie verloopt volgens een intern én extern gevalideerd proces in de autoclaven.

Bij de introductie was tevens de training van het personeel een belangrijk aandachtspunt (instrumentenkennis, reinigingsprocedure, vereiste controles, sterilisatiemethode).

Dat al deze inspanningen hun vruchten afwerpen is aangetoond in de eerste testen. De instrumenten die na 10 gebruiksbeurten onbruikbaar zijn, zijn opengemaakt en onderworpen aan een microscopisch onderzoek. Ze waren zuiver tot op de vezel (zie foto's). Bijkomende proteïne testen, die nagaan of er nog eiwitresten op het oppervlak terug te vinden zijn, zijn op het moeilijkst reinigbare stuk uitgevoerd. Deze testen wezen uit dat de waardes ver onder de opgelegde normen ISO 15883 en zelfs onder de normen van de Duitse KRINKO guidelines (1) bleven. Publicaties (2,3) die de machinale reiniging onderzochten zijn reeds verschenen en bevestigen het goede eindresultaat.

De Apotheek - Centrale Sterilisatie van het ZOL beschikt reeds sinds 2001 over het ISO 9001-2008 certificaat. Auditoren onderwerpen jaarlijks de effectieve toepassing van het volledig uitgebouwde kwaliteitssysteem aan een extern onderzoek.

Ap. Marnik Stragier

Diensthooft Apotheek – Centrale Sterilisatie

Referenties:

1. Regulation concerning the construction, operation and use of medical products. Recommendations of the Committee for Hospital Hygiene and Infection prevention (KRINKO) at the Robert Koch Institute (RKI) and the Federal Institute for Drugs and Medical Devices (BfArM) (Federal Health Gazette 202-55:1244-1310. DOI 10.1007/s00103-012-1548-6
2. Wehrl M and Michels W. A method for testing the cleaning of MIS robotic instruments. Central Ser(2013) 3: 202-207.
3. Wehrl M et al. Round robin tests conducted by the working group Da Vinci (Ag Da Vinci) to establish a method for testing the cleaning of MIS robotic instruments. Central Ser (2014) 3:173-179.

FUNCTIONEEL ENDOSCOPISCHE SINUSCHIRURGIE MET NAVIGATIE

CT-geassisteerde navigatie wordt de laatste jaren meer en meer gebruikt bij FESS-operaties (Functioneel Endoscopische Sinus Surgery). Verplichte indicaties zijn er op dit ogenblik nog niet. De meerwaarde van de navigatie ligt vooral in het verhoogde veiligheidsgevoel voor de chirurg: bij sinuschirurgie zitten er immers soms maar enkele millimeters tussen de sinus en het schedeldak.

Verbetering van de lokalisatie van moeilijke anatomische landmerken geeft de mogelijkheid om radicaler aangetast weefsel te verwijderen. Theoretisch zou de navigatie dus tot een verbetering van de klinische outcome moeten leiden. En ook het percentage complicaties (orbita, CSF-lek, bloedingen) zou gereduceerd moeten worden. Op dit ogenblik is er nog geen evidentie dat de resultaten van patiënten die met de navigatie geopereerd worden beter zijn.

Het staat wel vast dat chirurgen die werken met de navigatie zich zekerder voelen. In meer dan 85% van de gevallen is de navigatie vooral een handig hulpmiddel voor de chirurg. En gezien de installatie van de navigatie de operatietijd niet onnodig verlengt, is navigatie bruikbaar bij elke FESS.

Het navigatiesysteem wordt het meest gebruikt tijdens het openen van de frontale sinus. De verbinding van deze sinus met de neus verbreden, zorgt vaak voor onzekerheden omdat daar de anatomie het meeste variaties vertoont.

Daarnaast is het belangrijk om het navigatiesysteem ook bij routine-ingrepen te ge-

bruiken en niet alleen in bepaalde moeilijke casussen (afwezigheid van belangrijke landmerken, heringrepen) of bij moeilijke anatomische varianten (nauwe frontale recessus). Natuurlijk kan het navigatiesysteem het chirurgisch oordeel en handelen niet vervangen. In sommige gevallen kan het zelfs een vals gevoel van veiligheid geven als men de techniek niet voldoende meester is!

Het navigatiesysteem heeft bovendien een belangrijke plaats verworven in het trainen en teachen van KNO-assistenten.

Sinds 2012 hebben we in het ZOL het navigatiesysteem van Fiagon. Er zijn verschillende redenen waarom we voor dit systeem gekozen hebben, naast de reeds bestaande systemen in het operatiekwartier. De Fiagon kon volledig geïntegreerd worden in onze endoscopietoren en er is ook geen tweede monitor nodig. Hierdoor verliezen we weinig tijd als we de navigatie willen gebruiken. Bovendien neemt het systeem bijna geen bijkomende ruimte in beslag. Navigatiebeelden zijn enkel zichtbaar als de navigatie-instrumenten gebruikt worden. Anders zien we gewoon de HD endoscopische beelden. Set-up tijd is nauwelijks 5 minuten. We hebben

de mogelijkheid om foto's of een video te nemen. Er is een lage kostprijs per patiënt. De navigatie is elektromagnetisch en gebeurt aan de tip waardoor er smalle instrumenten ontwikkeld zijn die plooibaar zijn en er ook een grote precisie is. Dus eenzelfde instrument kan gebruikt worden zowel voor de sphenoidale sinus (recht door) als frontale sinus (gebogen). Het elektromagnetisch veld kan gewoon op de operatietafel geschroefd worden als hoofdsteen.

Om alles vlot te laten verlopen en de stralenbelasting voor de patiënt minimaal te houden, hebben we de afspraak met de dienst Radiologie dat alle Cone Beam sinussen die gemaakt worden, ook bruikbaar zijn voor het navigatiesysteem. De patiënt hoeft dus niet nog eens opnieuw gescand te worden.

Dr. Winde Lemmens
KNO-arts



Figuur 1a: 3D rendered image van uterus met septum. **Figuur 2a:** 2D statisch sagitaal beeld van uterus, endometriale lijn komt wat onregelmatig en verdikt voor, **figuur 2b:** 3D gray-scale rendered beeld van het cavum uteri na gel instillatie met nu duidelijke visualisatie van twee endometriumpoliepen, **figuur 2c:** 3D color HD flow rendered beeld van het cavum uteri met visualisatie van endometrium met pedicle sign (centrale vaaststeel in poliep). **Figuur 3a:** 2D statisch sagitaal beeld van uterus met diffuse adenomyose. **Figuur 3b:** 3D statisch sagitaal beeld van de uterus na gebruik van VCI static: door het hogere contrast zijn de hyperechogene zones van adenomyose en de anechogene cystische zones van adenomyose duidelijker zichtbaar. **Figuur 4:** 3D rendered beeld van ovarium na gebruik van sonoAVC: elke follikel heeft een andere kleur, van elke follikel wordt het volume automatisch berekend. **Figuur 5a:** 2D statisch beeld van uniloculair-soliede cyste van het ovarium (sereuze borderline tumor van het ovarium); **figuur 5b:** 3D rendered beeld van de borderline tumor toont de verschillende papillaire structuren die uitpuilen in de caviteit van de cyste).

GEBRUIK VAN 3D-ECHOGRAPHIE IN DE GYNAECOLOGIE

Net zoals voor andere disciplines, is het voordeel van 3D voor gynaecologie dat men volumes opslaat en geen statische 2D-beelden. Hierdoor kan zowel tijdens het onderzoek als nadien offline doorheen het volume gescrold worden en elk vlak in beeld gebracht worden, ongeacht de oriëntatie van de geluidsgolven tijdens de acquisitie van de beelden.

Dit laat ons toe om bijv. het coronaire vlak van de uterus in beeld te brengen en zowel de serosale aflijning van het buitenoppervlak als de uteriene caviteit in één beeld te beoordelen. Hierdoor is 3D-echografie intussen de gouden standaard geworden om congenitale uterusanomalieën op te sporen (Figuur 1).

Bij patiënten met endometriale pathologie of submuceuze myomen kan het in beeld brengen van het coronaire vlak de lokalisatie van de pathologie duidelijker aantonen. Op deze manier kan men beter beoordelen in welke mate letsels uitpuilen in het cavum, zeker wanneer dit onderzoek gecombineerd wordt met een gel hysterasonografie, soms virtuele hysteroscopie genoemd. (Figuur 2a,b,c).

Een aantal 3D-software modules geven nog extra onderzoeksmoge-

lijkheden. Met VCI of volume contrast imaging creëren we een veel contrastrijker beeld waardoor bijvoorbeeld adenomyose of een endometriumcarcinooma beter afgelijnd wordt ten opzichte van het normale, omgevende myometrium en endometrium (Figuur 3a,b).

Met de VOCAL (Virtual Organ Computer-aided Analysis) module kan men op een semi-automatische manier volumes aflijnen en berekenen zodat men meer objectieve metingen heeft. Een specifieke vorm van VOCAL is sonoAVC, vooral gebruikt bij patiënten die ovariele stimulatie krijgen in kader van fertiliteitsbehandelingen. Eén enkele sweep met de 3D vaginale probe stelt de arts in staat om op accurate wijze het volume te bepalen van elke follikel in het ovarium (Figuur 4).

Na renderen van een 3D-volume, creëert men een 3D-beeld. De wand van bijvoorbeeld een ovariële massa's kan op deze manier beter in beeld gebracht worden en onregelmatigheden opgespoord (Figuur 5a,b).

Dr. Caroline Van Holsbeke
Gynaecoloog



HET BEGON MET EEN KIP IN DE SCANNER

Koen Vanmechelen startte met zijn Cosmopolitan Chicken Project (CCP) eind jaren '90. Centraal in dit artistieke kader bevindt zich het kippen kruisingsproject. Meer bepaald gaat de kunstenaar kippen afkomstig uit verschillende landen met elkaar kruisen, zodat er uiteindelijk een kosmopolitische kip ontstaat, als symbool voor de globale diversiteit. Dit project heeft een unieke plaats in de kunstwereld en de kunstgeschiedenis verworven. Het project kon dan ook rekenen op snelle en internationale erkenning. Door dit project zet Vanmechelen de kunst radicaal in het midden van de maatschappij; tussen de mensen en met een uitgesproken betrokkenheid naar de maatschappij. Vanmechelen gebruikt diverse media om de kerngedachte van het CCP naar onze maatschappij te vertalen, gaande van expressieve schilderijen en tekeningen, fotografie, video, glas, performances en sculpturen. Het omvattende thema is steeds de kip en het ei, symbolen die een link kunnen leggen naar wetenschappelijke, politieke, filosofische en ethische vraagstukken.

Sinds 1999 gebruikt Vanmechelen eveneens het medium van de 3D, vertrekkende van gescande kippen (figuur 1). Hij was hiermee wellicht de eerste kunstenaar die van deze techniek gebruik maakte. Na het vervaardigen van de scan worden de beelden in Dicom formaat ingelezen in software waar de corresponderende 3D-modellen worden berekend. Deze software tussenstap geeft de kunstenaar de mogelijkheid om artistiek in te grijpen, de beelden aan te passen of om data van één scan in te lezen in data van een andere scan. De mogelijkheden voor de artistieke verwerking zijn dan ook erg groot.

Het is eigenlijk niet verwonderlijk dat een kunstenaar zich voor deze technieken interesseert. Voor de kunstenaar opent zich letterlijk een nieuwe wereld, waardoor hij een inkijk en inzicht kan bekomen in het binnenste van het object waarmee hij artistiek aan de slag gaat. De gebruikte software laat ook toe dat de kunstenaar op een bepaald ogenblik ingrijpt in dit proces en het een volstrekt individuele en eigenzinnige richting opstuurt.

Indien we grasduinen in de recente werken van Koen Vanmechelen vinden we een aantal werken terug waar uitgebreid en soms verregaand gebruik werd gemaakt van de mogelijkheden die de bewerking van gescande data toelaat.

Een paar voorbeelden

In het kunstproject **Virtual Crossings** werden de kippen uit de verschillende 'generaties' gescand. In het kippenkruisingsproject werd de kip van de laatste generatie gekruist met een kip uit de volgende generatie. Zo werden, in het kader van de Virtual Crossings, CT-scan data verworven van de vorige generatie, samengevoegd met de scan data van de volgende generatie. Op die manier kan er een synthetisch beeld vervaardigd worden, waarbij de twee afzonderlijke scans 'in elkaar' worden geschoven. Dit nieuwe beeld kan dan via het proces van Rapid Prototyping in een fysiek beeld worden omgezet (figuur 2 en 3). Het resultaat is een nieuw wezen, dat ons doet nadenken over wat er met kruisingen wordt beoogd of wat de gevolgen van kruisingen zouden kunnen zijn. Het samenstellen gebeurde op een wijze die in de natuur nooit zou kunnen, maar anderzijds is het resultaat toch reëel en tastbaar. Koen Vanmechelen ziet dergelijke beelden als 'archeologische beelden uit de toekomst'.

Samenvattend, uit de dode dieren zijn door de hand van de kunstenaar (voorstellingen van) nieuwe, virtuele dieren geboren. De gedachte van het Cosmopolitan Chicken Project werd hier met niet-levend materiaal gerealiseerd alvorens de echte kruising plaats heeft gehad.

In het project **Tabula Rasa** zien we een grote sculptuur in de vorm van een nest. Als we dichterbij kijken, zien we dat het 'nest' niet uit takken is opgebouwd, maar wel uit een grote hoeveelheid verschillende kippenpoten. De kippenpoten zijn afkomstig van verschillende kippen uit verschillende generaties, zij werden afzonderlijk gescand, en dan met behulp van software samengevoegd in de vorm van een nest. Het nest



Figuur 1: Een kip in de CT-scan, een laatste inspectie door Koen Vanmechelen en dr. Luc Vrielynck, voordat de scan wordt uitgevoerd. **Figuur 2:** Virtual Crossing, rapid prototyping van een gescande kip. Beeld van de expo Darwin's Dream, St.-Pancras church, in London, 2014. **Figuur 3:** Virtual Crossing, waarbij twee kippen van verschillende generaties via computer software met elkaar werden gekruist en vervolgens uitgeprint. **Figuur 4:** Tabula Rasa: 3D rapid prototyping. Beeld van de expo Beyond Reality, cosmopolitan gallery te Genk, 2014. **Figuur 5:** Tabula Rasa: zicht op de verschillende kippenpoten van verschillende generaties kippen uit het Cosmopolitan Chicken Project. **Figuur 6:** Symbiosis: het gescande hoofd van Koen Vanmechelen aan de linker zijde, en gescande hoofden van verschillende generaties kippen uit het Cosmopolitan Chicken Project aan de rechter zijde. **Figuur 7:** Detail opname van Symbiosis. **Figuur 8:** Evolution of a Hybrid - CC@P: een grafische weergave van de biodiversiteit, uitgeprint via Rapid Prototyping. **Figuur 9:** Evolution of a Hybrid - CC@P: een naar binnen gerichte piek wijst op homozygotie, een naar buiten gerichte piek wijst op polymorfisme van het onderzochte gen.

werd dan via rapid prototyping uitgeprint. Het kunstwerk wordt van onderaf beschenen door de rode gloed van een broedlamp (figuur 4 en 5).

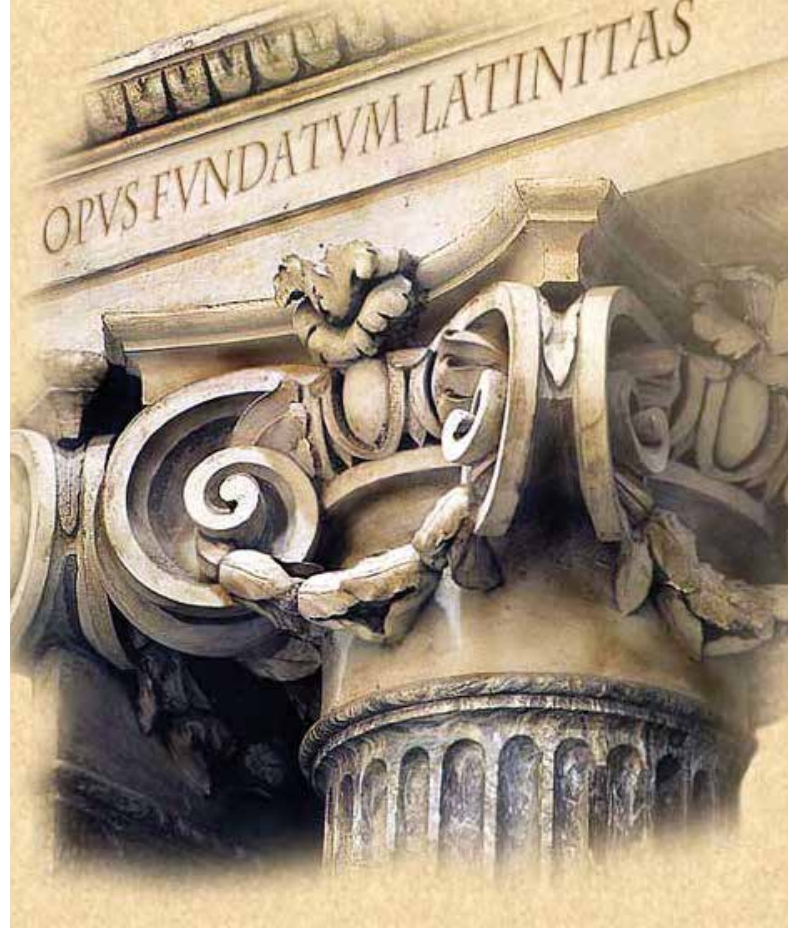
Er ontstaat hierdoor een mooi beeld dat symbool staat voor het zorgen-de, het nest, dat opgebouwd is met - en dankzij - de voorgaande generaties, de voorouders. Anderen zien er vooral een wriemelende massa van poten in die verwijzen naar het begin van het begin, de geboorte van een ster, verscholen in de interstellaire ruimte, een kosmische dans. Kortom de essentie van een dergelijk werk laat zich niet makkelijk vatten en laat verschillende interpretaties toe.

In het werk **Symbiosis**, zien we een sculptuur van een hoofd, waarbij de ene zijde bestaat uit de linker helft van het hoofd van de kunstenaar, de rechter zijde van het beeld bestaat uit een verzameling kippenkoppen die als het ware het ontbrekende gedeelte van het menselijk hoofd vervolledigen (figuur 6 en 7). Het werk draagt de titel Symbiosis en duidt op de diepgewortelde interactie die er tussen de mens en de kip bestaat. Kippen worden immers overal ter wereld gevonden, waar er ook mensen zijn. Ons denken wordt sterk bepaald door de interactie met ander leven met name gedomesticeerde dieren zoals de kip. Dit dier dat al meer dan zes millennia samenleeft met de mens, maakt deel uit van een symbiotisch leven. Twee wezens als één verbeeld, die samenleven en wachten op de volgende stap in de co-evolutie?

Het laatste werk in deze bespreking is **Evolution of a Hybrid – CC@P**- en is een zeer ambitieuze toepassing van 3D-beelden in de kunst. In dit werk wordt de input niet gevormd door gescande beelden, maar komt

de input vanuit genetisch onderzoek. Het vormt eigenlijk een grafische voorstelling van genetisch polymorfisme, in 3D uitgeprint (figuur 8 en 9). Het vormt een weergave van de inhoud van het Cosmopolitan Chicken Project gezien door een genetische bril. In samenwerking met prof. J.J. Cassiman (KULeuven) werden alle kippengeneraties genetisch geanalyseerd. Binnen het Art&D programma van iMinds (KULeuven) ontwikkelden wetenschappers een manier om het DNA van de kippen uit het Cosmopolitan Chicken Project te vertalen in 3D-beelden. De mate van polymorfisme - het voorkomen van variaties in het DNA- wordt weergegeven via inwaartse (voor homozygoten) en uitwaartse (heterozygoten) pieken. Meer inteelt leidt tot meer uniforme populaties en minder genetische diversiteit terwijl een hogere mate aan heterozygotie een positief effect heeft op overlevingskansen en fertiliteit. Het resultaat van deze vertaling wordt dan uitgeprint in beelden in de vorm van een ring. Het beeld van de hybride kip uit het CCP valt sterk op door zijn vele naar buiten gerichte stekels, terwijl bij raskippen de stekels overwegend naar binnen zijn gericht. Dit werk werd tentoongesteld op de Biënnale van Venetië en vorig jaar eveneens in het Paleis voor Schone Kunsten (BOZAR) in Brussel. Koen Vanmechelen interpreteert: "de ruwe punten op de chromosomen van de hybride kippen versterken waarschijnlijk haar immuniteit. Aansluiting zoeken, de afstand verkleinen en verlangen naar de Ander is gevaarlijk en moedig maar uiteindelijk de moeite waard."

Yannick Nijs
Cosmopolitan Gallery



TRENDY LATIJN

Als ik mijn roman ANDREAS signeer, maak ik graag gebruik van een kort en krachtig gezegde in het Latijn. Zoals 'Libris satiari nequeo' (van boeken raak ik nooit verzadigd), afkomstig van Petraca. Of 'Imago animi sermo est' (de taal weerspiegelt de ziel), van Seneca. Voor een bourgondisch levensgenieter schrijf ik al eens 'Uxor formosa et vinum sunt dulcia venena' (mooie vrouwen en lekkere wijn zijn zoet venijn) of 'Aliquando et insanire jucundum est' (het is af en toe wel eens aangenaam om dwaas te doen). Ook van Seneca.

Maar de ooit zo levende taal, die in de middeleeuwen en de renaissance de lingua franca van de intelligentsia was, ligt op apegapen. Helemaal dood is ze niet want in het Vaticaan wordt ze voorlopig nog kunstmatig in leven gehouden. Omdat een taal die niet meer regelmatig gesproken wordt en die zich niet aanpast aan de veranderende wereld ten dode opgeschreven (moribundus) is, richtte paus Paulus VI in 1976 de Latinitas Foundation op (Opus Fundatum Latinitas).

Het hoofddoel van de Latinitas stichting is het spreken en het schrijven van het Latijn in stand te houden en zelfs te stimuleren. Een van de belangrijkste punten daarin is het actualiseren van de (verouderde) woordenlijst. Sinds 1976 wordt de woordenschat regelmatig bijgewerkt zodat de theologen hun bespiegelingen over de moderne samenleving verder in het Latijn kunnen neerpennen. Want het gaat razend snel in de huidige wereld van playboys, hotpants, punkers, terroristen, rugbyspel en doping. Het gaat zelfs zo razendsnel dat er onlangs een serieuze inhaalbeweging nodig was om alle eigentijdse thema's en ideeën in de taal van Cicero te kunnen verwoorden. Die inhaalbeweging heet de Lexicon Recentis Latinitatis en is een update van het Latijnse vocabularium met niet minder dan 15.000 nieuwe begrippen.

Een playboy is een iuvenis voluptarius (wellustige jongeling). Hotpants wordt brevissimae braciae femineae en Vespa: parra birota automotoria. Punker wordt: punkianae catervae asseccla en wodka: valida potio Slavica (letterlijk: sterke Slavische drank). Rugby is ludus follis ovati (letterlijk: het spel met een lederen eivormige zak). Pizza wordt placenta compressa en dat heeft dermate mijn appetijt aangetast voor die geplette placenta's, dat ik nog enkel de quattro formaggi lust omdat die toch al blauwgroen ziet van de schimmel.

Oké, bene (goed). Maar het is toch opvallend dat de Latinitas Foundation de kans heeft laten liggen om elk nieuw begrip in een kort Latijns woord om te zetten. Een nieuw en sprankelend Ciceroniaans woord. De voorzitter van de commissie, Cletus Pavanetto en zijn vertaalploeg hebben voor de gemakkelijkste weg gekozen, namelijk de fantasieeloze omschrijving. En dat die meestal tot omslachtige bewoordingen leidt zien we aan de vertaling van Interpol: publicae securitatis custos internationalis. Haddden ze dan niet simpelweg Interpol kunnen overnemen?

Het woord 'doping' hebben ze vertaald naar: usus agonisticus medicamenti stupefactivi. Oké, bene (goed). Als een wielrenner daarmee de Tirreno-Adriatico koers wint hoeft hij niet meer te liegen. Hij zegt gewoon dat hij usus agonisticus medicamenti stupefactivi heeft genomen en enkel het Vaticaan verstaat hem.

De prangende vraag is nu hoe Cicero, moest hij nu leven, een modern betaalmiddel zoals de Traveller cheque (mandatum nummarius periegeticum) korter en krachtiger zou formuleren. Of Nylons (materia plastica nallonensis)? Of radar (radioelectricum instrumentum detectorium (letterlijk: radio-elektrisch detectie-instrument) en pornofilm (pellicula cinematographica obscena). Jammer, maar dat zullen we natuurlijk nooit weten.

Nu er nieuwe Latijnse woorden gevonden zijn voor het vrouwelijk vestimentair gedrag op het Sint-Pietersplein kan het niet lang meer duren vooraleer er een encycloëdich verschijnt die het dragen van een minirok (tunicula minima) aan banden legt en het topless (stroppio carens) lopen volledig verbiedt. Maar voor het nanoslipje (in het Engels: string) dat bij vrouwen nauwelijks de grote en kleine schaamlippen (labiae majores en minores) verhuult is nog geen Latijns woord bedacht. Benieuwd hoe de onvermoeibare vertaalploeg van de Latinitas Foundation dit niemendalletje zal vertalen. Hopelijk wordt het geen monsterwoord waardoor het nanoslipje haar maagdelijkheid verliest en van de lingerie-shop onmiddellijk in een kringloopwinkel terecht komt.

Samenvattend kunnen we dus een scenario bedenken waarbij een iuvenis voluptarius (playboy) tegen zijn meisje zegt: neem de pillola anticoncezionale (de pil), trek je brevissimae braciae femineae (hotpants) aan en spring op mijn parra birota automotoria (Vespa) om in de taberna nocturna (nachtclub) of de orbium phonographicorum theca (disco) een acre vinum Aemilianum (Lambrusco wijn) te drinken en een fistula nicotiana (sigaretje) te roken. Zo'n glasheldere taal verstaan ze zelfs tot in het verre Latijns-Amerika.

A propos, kent iemand het Latijnse woord voor 3D-printing?

Dr. Johan Van Robays
Anatomopatholoog

WETENSCHAPPELIJKE RAAD >

Aula campus Sint-Jan (G9.10) om **20.30 uur**,
tenzij anders vermeld

Gedetailleerd programma beschikbaar op:
[www.zol.be / zorgverleners en medici / Wetenschappelijke Raad](http://www.zol.be/zorgverleners/en/medici/wetenschappelijke-raad)

- Donderdag 26 februari 2015 | 20.30 uur
Systeemziekten, dichterbij dan je denkt

- Donderdag 26 maart 2015 | 20.30 uur
De robot in hartchirurgie: preliminaire resultaten

- Donderdag 23 april 2015 | 20.30 uur
Chronische pijn en toepassing bio-psychosociaal model

Inhoudelijke coördinatie:

- Dr. L. Hendrix Limburgs Huisartsenplatform
- Dr. M. Vander Plaetse
Fysische Geneeskunde & Revalidatie, Jessaziekenhuis
- Dr. J. Van Zundert
Anesthesiologie/Multidisciplinair Pijncentrum ZOL

- Zaterdag 25 april 2015 | 9.00-12.30 uur | Euroscoop Genk
Symposium Cardiologie 2015

Inhoudelijk coördinator:

Dr. M. Vrolix, Cardiologie ZOL

- Donderdag 28 mei 2015 | Aanvang 20.30 uur
Diabetes anno 2015

- Donderdag 25 juni 2015 | Aanvang 20.30 uur
Complexe perifere zenuwletsels

Inhoudelijk coördinator:

Dr. F. Weyns, Neurochirurgie ZOL

- **WORDT UITGESTELD**

**Symposium nav opening
cardiovasculair interventiecentrum**

PENTALFA >

Aula campus Sint-Jan (G9.10) om **19.55 uur**,
tenzij anders vermeld

- Donderdag 29 januari 2015 | Aanvang 19.55 uur
Endocriene pathologieën bij ouderen
Dr. Yves Kockaerts, Endocrinologie ZOL

- Donderdag 5 februari 2015 | Aanvang 19.55 uur
Hoe kan een wilsverklaring helpen om goede patiëntenzorg te bieden
Dr. Parick Noyens, voorzitter Medisch-Ethisch comité ZOL

- Donderdag 12 februari 2015 | Aanvang 19.55 uur
Wanneer starten met vruchtbaarheidsbehandelingen?
Dr. Nathalie Dhont, Gynaecologie en Verloskunde ZOL

- Donderdag 5 maart 2015 | Aanvang 19.55 uur
Crisisinterventie in de psychiatrie
Dr. Jef De Bie, Psychiatrie ZOL

- Donderdag 19 maart 2015 | Aanvang 19.55 uur
Screening en behandeling van diabetische retinopathie anno 2014
Dr. Mieke Wirix, dienst Ophthalmologie ZOL

- Donderdag 2 april 2015 | Aanvang 19.55 uur
Uitdagingen bij het voorschrijven en afleveren van orale antikankerbehandelingen: mythes en feiten
Dr. Wendy De Roock, dienst Oncologie ZOL

- Donderdag 21 mei 2015 | Aanvang 19.55 uur
Acuut nierlijden - work in progress
Dr. John Garvey, dienst Nefrologie ZOL

COLOFON

Verantwoordelijke uitgever:

Dr. Griet Vander Velpen
Medisch directeur ZOL

Redactie en samenstelling:

Grete Bollen

Werken mee:

Prof. dr. Johan Bellemans
Prof. dr. Kristoff Corten
Dr. Jens Deckers
Dr. Ronald Driesen
Dr. Joris Duerinckx
Dr. Bert Ferdinande
Dr. Herbert Gutermann
Dr. Guido Heijsters
Prof. dr. Reinhilde Jacobs
Eva Lakiere
Prof. dr. Ivo Lambrechts
Dr. Geert Lauwers
Dr. Winde Lemmens
Dr. Joeri Meyns
Prof. dr. Wilfried Mullens
Dr. Jan Oosterbosch
Prof. dr. Constantinus Politis
Dr. Serge Schepers
Ap. Marnik Stragier
Dr. Jan Truijten
Sun Yi
Dr. Frans-Willem ten Broek
Prof. dr. Jan Vandevenne
Dr. Caroline Van Holsbeke
Dr. Johan Van Robays
Dr. Sarah Van Slycke
Dr. Luc Vrielinck
Hein Wagemans
Yannick Nijs

Redactieadviesraad:

Dr. Marc Daenen
Dr. Jan De Koster
Dr. Willem Ombelet
Dr. Griet Vander Velpen
Dr. Sven Van Poucke
Dr. Johan Van Robays
Dr. Luc Verresen
Dr. Luc Vrielinck

Foto's:

Cover: Marco Mertens
Micha Vandormael
Koen Vanmechelen
Eponiemenkabinet: @PhotoStraka
ZOL

Lay-out:

Carine Thaens &
Liesbeth Grondelaers,
dienst Communicatie

Redactie:

Schiepse Bos 6
B 3600 Genk - Belgium
T +32 (0)89 32 17 62
zolarium@zol.be

www.zol.be

PARTNERS IN ZORG



V.l.n.r. Prof. dr. Wilfried Mullens, dr. Pieter Vervoort, Pierre Van Langendonck, dr. Bert Ferdinande, prof. dr. Jo Dens, Gunther Gillard.

Nadat hij in 2010 een hartinfarct kreeg, ontwikkelde Pierre Van Langendonck (73) ernstig hartfalen. Hij kreeg een stent en omwille van hartritmestoornissen werd een defibrillator ingeplant. Uiteindelijk ontwikkelde hij door de vergroting van zijn hart ook een lekkende mitralishartklep.

Pierre werd geselecteerd als eerste patiënt in het ZOL voor de implantatie van een Mitraclip. Het gaat om een nieuwe, minimaal invasieve techniek waarbij men in staat is om via een punctie in de liesader het kleplek op te lossen. De techniek is niet geschikt voor alle patiënten, enkel voor een zorgvuldig geselecteerde groep.

Pierre Van Langendonck: "Ik moest 's morgens in het ziekenhuis zijn. Om half 2 is de ingreep uitgevoerd. Ik ben nog één dag op

Hartbewaking moeten blijven maar daarna mocht ik al naar huis. Ik heb geen pijn gehad en de draadjes in mijn lies mochten na één week al verwijderd worden. Ik moet het nu een maand wat rustiger aan doen maar daarna kan ik mijn activiteiten helemaal opnieuw opnemen. Ik ga vaak wandelen en fietsen zoals ik geleerd heb tijdens het programma dat ik eerder al volgde op de cardiale revalidatie. En als het nodig is, spring ik wat bij in de zaak van mijn zoon."

"Ik ben erg tevreden over de verzorging en de ingreep die ik gehad heb. Daarbij was iedereen altijd heel vriendelijk. Als ik een hartoperatie had moeten ondergaan om het probleem van mijn lekkende hartklep op te lossen, was ik zeker niet zo snel opnieuw te been geweest."